Vol. VI. Febbraio 1902. Fasc. 1°.

Pubblicazione bimensile — *Conto Corrente colla Posta*

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE - TORINO

INDICE.

Gli Autori delle Memorie ne riceveranno in dono 100 copie

ABBONAMENTO AL VOL. VI. L. 20

TORINO
TIP. LIT. CAMILLA E BERTOLERO DI N. BERTOLERO
1902.

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Sede Centrale: Torino, Via Bogino, 9

CONSIGLIO CENTRALE A. E. I.

(Triennio 1900-1902)

Presidente:	Prof. GUIDO GRASSI
Vice-Presidenti:	Prof. MOISÈ ASCOLI
	Prof. GIUSEPPE COLOMBO
	Prof. STEFANO PAGLIANI
Segretario Generale:	Ing. RAFFAELE PINNA
Cassiere:	Ing. ALESSANDRO ARTOM

Consiglieri delegati dalle Sezioni:

Torino. — Prof. P. P. Morra — Dott. Alberto Sassernò — Ing. Enrico Segré — Ing. Ettore Thovez.

Milano. — Prof. Ugo Ancona — Prof. Riccardo Arnò — Ing. Giovanni Barberis — Ing. Carlo Barzanò — Ing. Palamede Guzzi — Dott. Franco Magrini.

Genova. — Ing. Gustavo Dossman — Dott. Max Thoma.

Bologna. — Ing. E. Cairo — Ing. Alfredo Donati.

Roma. — Ing. Ferruccio Celeri — Prof. C. Mengarini — Cav. G. Rodano.

Napoli. — Ing. Franc. Amicarelli — Prof. Ing. Gaetano Bruno.

Palermo. — Prof. Michele Cantone — Prof. Elia Ovazza.

Firenze. — Ing. Francesco Sizia — Prof. Guido Vimercati.

Presidenti antecedenti: Galileo Ferraris (dal 27 Dic. 1896 al 7 Febb. 1897)
On. Prof. Giuseppe Colombo (1897-99).

Vol. VI. Febbraio 1902. Fasc. 1°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE — TORINO

N. 1.

DELIBERAZIONI PRESE NELLA SEDUTA

DEL

CONSIGLIO GENERALE DELL'A. E. I.

tenutasi in Torino il 9 dicembre 1901

ORDINE DEL GIORNO:

a) Provvedimenti per l'esecuzione delle seguenti deliberazioni votate nella recente Assemblea generale di Roma:

1° — *Ordine del giorno SILVA:*

L'Assemblea stanzia la somma di L. 1000 sul Bilancio 1902, mettendola a disposizione del Consiglio generale per uno o più premi fra i Soci nel modo che il Consiglio stesso crederà di stabilire.

2° — *Ordine del giorno ESTERLE:*

L'Assemblea delibera di passare ad un referendum *fra tutti i Soci dell'A. E. I. sul quesito se debba o no pubblicarsi a cura dell'Associazione un Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici.*

3° — **Ordine del giorno SALVADORI:**

L'A. E. I., in considerazione dello stato di abbandono in cui si trovano gli studi della telegrafia e telefonia in Italia, fa voti perchè vengano istituiti Corsi per tali insegnamenti, acciocchè possa anche da noi sorgere un Corpo d'ingegneri telegrafici e telefonici.

b) Discussione della proposta presentata dal Socio Silva di modificare il penultimo paragrafo dell'articolo 11 dello Statuto sociale nei termini seguenti:

Il Presidente, i Vice-Presidenti, il Segretario Generale ed il Cassiere durano in carica 3 anni e sono rieleggibili.

c) Provvedimenti eventuali in ordine al concorso da parte dei Soci nelle spese pei *clichés* e tavole annesse alle letture pubblicate negli *Atti*, a modificazione della deliberazione presa nella seduta del Consiglio generale del 28 giugno ultimo scorso. (Vedi *Atti*, Fasc. 3°, Vol. V, pag. 166) ed in vista del maggior stanziamento votato dall'Assemblea pel 1902.

d) Comunicazioni eventuali.

Sono presenti:

Il Presidente . . . Prof. Guido Grassi.
Il Segretario Generale Ing. Raffaele Pinna.
Il Cassiere . . . . Ing. Alessandro Artom.

I Delegati delle Sezioni seguenti:

Torino : Ing. Enrico Segré, Ing. Enrico Thovez.
Milano : Dott. Franco Magrini.
Genova : Ing. Gustavo Dossmann.
Firenze : Ing. Francesco Sizia.

Scusano l'assenza:

Pagliani - Ascoli - Garrone - Brunelli - Pirelli - Amicarelli - Bruno.

In esecuzione all'ordine del giorno Silva, il Consiglio delibera che i premi saranno al massimo tre, di cui uno di L. 500; le altre L. 500 potranno essere assegnate ad una seconda Memoria, ovvero divise in due premi da L. 250 ognuno.

I lavori dovranno avere interesse esclusivamente elettrotecnico; essi devono essere comunicati alle diverse Sezioni entro il 1902 e colla dichiarazione da parte degli Autori se intendono concorrere al premio. Questa dichiarazione basta sia fatta prima del 31 dicembre 1902.

La Commissione aggiudicatrice dovrà riunirsi entro il mese di gennaio 1903 e sarà composta di 5 membri, nominata e presieduta dal Presidente della Sede Centrale e dovrà presentare la sua Relazione entro il mese di marzo.

In esecuzione all'ordine del giorno Esterle, il Consiglio delibera di invitare i Presidenti delle Sezioni a convocare i rispettivi Soci in Assemblea, entro il giorno 15 del mese di febbraio, per dar corso al *referendum* sul quesito se si debba

o no pubblicarsi un *Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici* lasciando facoltà ai Presidenti di stabilire le modalità sul voto onde dar anche modo ai Soci non residenti di poter esprimere il loro parere.

In esecuzione all'ordine del giorno Salvadori, si delibera che il Presidente debba mandare una comunicazione ufficiale per lettera al Ministero delle Poste e dei Telegrafi, aggiungendo che il Consiglio generale dell'A. E. I. propone che il Governo istituisca un Corpo di Ingegneri telegrafici e telefonici e che, in attuazione di questo voto, il Governo bandisca un concorso fra gli Ingegneri laureati in una delle nostre Scuole di Applicazione. I prescelti dovranno completare le loro cognizioni teoretiche seguendo un Corso speciale di telegrafia e telefonia in una delle nostre scuole superiori.

Proposta SILVA di modificazione all'articolo 11 dello Statuto sociale.

Dopo breve discussione il Consiglio non approva detta proposta, deliberando di mantenere integra la disposizione circa alla non immediata rieleggibilità delle cariche.

Concorso dell'A. E. I. nelle spese di tavole e « clichés » annessi alle letture dei Soci da pubblicarsi negli « Atti ».

Tenuto conto delle migliori condizioni finanziarie, il Consiglio delibera che il concorso dell'Associazione sia aumentato da trenta a cinquanta lire, lasciando facoltà al Consiglio di decidere, caso per caso, intorno alla opportunità di un maggior concorso in via eccezionale.

Il consigliere SEGRÉ fa osservare che nell'ultima Assemblea generale di Roma non fu posta all'ordine del giorno la proposta votata dal Consiglio generale nella sua Riunione precedente del 28 giugno, relativa al passaggio dei Soci da una ad altra Sezione.

Il PRESIDENTE risponde che per errore fu messa a verbale la deliberazione di presentare tale proposta all'Assemblea generale, parendogli che l'approvazione del Consiglio fosse sufficiente trattandosi di una questione amministrativa di competenza del Consiglio stesso.

Il Consiglio approva l'operato del Presidente e delibera di dare comunicazione alle Sezioni della decisione presa dal Consiglio.

Visto: *Il Presidente*
Prof. G. GRASSI.

Il Segretario Generale
Ing. R. PINNA.

N. 2.

SULLA TELEFONIA A GRANDE DISTANZA

CONFERENZA

del Socio Dott. G. Di Pirro

tenuta alla Sezione di Roma nella Seduta del 22 Novembre 1901

(Con 10 figure).

1. — Scopo di questa Conferenza si è quello di informare i Soci della nostra Sezione intorno agli ultimi studi relativi al problema della telefonia a grandissima distanza.

Questo problema si riconnette a quello della propagazione della corrente lungo i fili conduttori, il quale, sotto il punto di vista della telegrafia e della telefonia, è stato oggetto di studi per parte di Lord Kelvin, di Vaschy, di O. Heaviside e di altri.

Metodi speciali per la costruzione di cavi, atti a rendere possibile la telefonia a grandissima distanza, furono proposti nel 1893 da Reed e da S. P. Thompson: metodi che sono stati da Roeber recentemente sottoposti ad analisi matematica nell'« Electrical World and Engineer », del 16-23 marzo 1901.

Ma chi veramente ha portato un contributo maggiore di studi e di esperimenti alla questione è stato il prof. Pupin dell'Università di Columbia, il quale, seguendo i profondi concetti di Heaviside, ha in due Memorie, pubblicate negli anni 1899-1900 sul giornale « Transactions of the American Institute of Electrical Engineers », sviluppata una teoria matematica sulla propagazione delle onde elettriche sui lunghi conduttori, pervenendo a risultati interessanti, ch'egli ha avuto cura di accertare con ingegnosi esperimenti.

Questi risultati gli hanno permesso di suggerire un metodo di costruzione di cavi e di linee aeree, per uso specialmente della telegrafia e della telefonia a lunga distanza.

Tali studi hanno una grandissima importanza scientifica e pratica; e sono stati presi in così grande considerazione da indurre una Società Americana a comprare il brevetto per due milioni di lire, ed a fondare uno speciale laboratorio per la costruzione dei suddetti cavi, diretto dall'autore, a cui è stata assicurata un'annua retribuzione di L. 65 mila per 17 anni.

E poichè nei giornali elettrotecnici italiani, di così importanti teorie ed esperimenti non è stato dato che un cenno incompleto, così mi è sembrata opera utile quella di informarne più ampiamente la nostra Associazione.

Ciò premesso, entro subito in argomento.

Ed innanzi tutto occorre domandarsi quali sono i caratteri per i quali il problema della telefonia, della telegrafia, ed in generale del trasporto di energia a grande distanza differisce da quello a breve distanza.

2. — Si può qui notare che la trasmissione di energia elettrica sopra lunghi conduttori avviene in modo considerevolmente diverso da quello secondo cui essa si propaga nei non lunghi fili conduttori. In questi, difatti, la trasmissione è quasi diretta, e le reazioni più essenziali sono quelle che si stabiliscono nell'apparato ricevente, tanto che di fronte ad esse si possono trascurare le altre piccole che si stabiliscono nella linea trasmittente.

In quelli invece la trasmissione non è diretta: l'energia trasmessa è dapprima immagazzinata nel mezzo che circonda la linea di trasmissione e poscia è trasportata all'apparato ricevente.

Mentre essa è immagazzinata nel mezzo, essa esiste in parte come energia magnetica, immagazzinata nel campo del flusso magnetico ed in parte come energia elettrica nel campo del flusso elettrico. Il processo di propagazione consiste nella trasformazione progressiva di energia magnetica in elettrica e viceversa.

Durante tale trasformazione avviene che l'energia si va gradualmente dissipando in calore nella sua propagazione dall'apparato trasmettente all'apparato ricevente, per modo che, nel caso di lunghe linee, è possibile che arrivi all'estremo una cosi piccola frazione dell'energia trasmessa che non basti al funzionamento dell'apparato ricevente.

La dissipazione di energia lungo la linea è dunque quella che si

oppone all'esercizio della telefonia a grandissima distanza. Ridurre questa dissipazione al minimo costituisce l'ultima *Thule* nella propagazione di energia elettrica sui lunghi conduttori.

Ma in quale maniera si può ridurre la dissipazione d'energia lungo la linea?

Qui trova posto un'importante e profonda riflessione di O. Heaviside, relativa alla vera funzione dell'induttanza nella trasmissione d'energia elettrica.

Il fatto che un conduttore possiede induttanza e capacità significa che il mezzo da cui essa è circondato è capace di immagazzinare energia: ciò che del resto è utile. Lo stesso fatto non può significare che l'energia propagata lungo il conduttore sarà dissipata, poichè la dissipazione è dovuta all'imperfetta conduttività del filo, ed a ciò soltanto.

L'induttanza e la capacità regolano questa dissipazione, non la generano.

Per convincersene, si consideri un elemento ds del filo di trasmissione e si indichi con dW l'energia magnetica del mezzo circondante quell'elemento.

La corrente x che scorre in esso sarà tale che:

$$dW = \frac{1}{2} L x^2 ds,$$

dove L è il coefficiente di autoinduzione per unità di lunghezza.

E se dH è il valore della dissipazione nel medesimo elemento, allora sarà:

$$dH = R x^2 ds,$$

dove R è la resistenza ohmica per unità di lunghezza.

Supponiamo ora che con qualche artificio L venga portato ad $n^2 L$; allora il mezzo circondante l'elemento ds immagazzinerà la stessa quantità dW di energia magnetica con $\frac{1}{n}$ della corrente, perchè

$$dW = \frac{1}{2} n^2 L \frac{x^2}{n^2} ds = \frac{1}{2} L x^2 ds.$$

Ed il valore dH_1 della dissipazione in questo caso sarà:

$$dH_1 = R \frac{x^2}{n^2} ds = \frac{dH}{n^2}.$$

Ne segue che nella trasmissione di una data quantità di energia sopra un filo conduttore, la dissipazione si potrà diminuire accrescendo

l'induttanza del filo; perchè se il filo ha alta induttanza, allora piccole correnti bastano per trasmettere una data quantità di energia e piccole correnti rendono minore la perdita di energia, dovuta alla resistenza metallica.

Accrescendo dunque l'induttanza, l'efficacia della trasmissione si accresce come se fosse accresciuta la conduttività del filo.

3. — Propagazione sopra conduttori uniformi (*). — Per poter però entrare viemmeglio addentro nelle ragioni del fenomeno, è necessario ricorrere alla teoria matematica della *propagazione sui conduttori*. Consideriamo dapprima i *conduttori uniformi*, nei quali sieno uniformemente distribuite la *capacità*, l'*autoinduzione* e la *resistenza*.

A tale uopo si consideri il circuito A B della fig. 1.

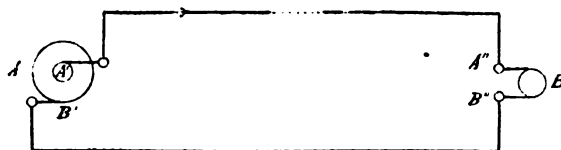



Fig. 1.

In un punto del circuito è l'apparato trasmittente A, all'opposto unto è l'apparato ricevente B. La distanza fra A e B è l, uguale alla metà della lunghezza dell'intero circuito.

La distanza di un qualunque elemento ds da A è s.

Siano L, R, C, la induttanza, la resistenza e la capacità per unità di lunghezza e si suppongano gli apparecchi in A ed in B dotati di resistenza, induttanza e capacità.

Si supponga pure che la forza elettromotrice impressa dall'alternatore A sia armonica, e sia precisamente la parte reale di $E e^{ipt}$, ossia $E \cos p t$, dove E è la forza elettromotrice massima, t il tempo, $p = 2 \pi n$, essendo n la frequenza ed e la base dei logaritmi neperiani.

La teoria matematica assegna il seguente valore per l'intensità y:

$$y = Y_1 e^{\beta\xi} \cos(p t - \alpha \xi + \omega_1) - Y_2 e^{-\beta\xi} \cos(p t + \alpha \xi + \omega_2),$$

dove $\xi = l - s$ e Y_1 Y_2 ω_1 ω_2 sono quantità costanti che dipendono

(*) Vedasi Nota in fine.

dalle costanti della linea. Le costanti α e β, che hanno una particolare importanza, sono definite dalle due formole:

$$\alpha^2 = \frac{1}{2} p\, C \left(\sqrt{p^2 L^2 + R^2} + p\, L\right),$$

$$\beta^2 = \frac{1}{2} p\, C \left(\sqrt{p^2 L^2 + R^2} - p\, L\right).$$

L'espressione data per y ci mostra che la propagazione avviene in forma di onde di interferenza. Le componenti sono in numero di due:

$$y_1 = Y_1\, e^{\xi\beta} \cos(p\,t - \alpha\,\xi + \omega_1),$$

$$y_2 = Y_2\, e^{-\beta\xi} \cos(p\,t + \alpha\,\xi + \omega_2),$$

i cui valori massimi sono rispettivamente $Y_1\, e^{\beta\xi}$, $Y_2\, e$.

Volendo studiare la propagazione tra i punti A e B corrispondenti ai valori $\xi = l$, $\xi = o$, si potrà osservare che i valori massimi decrescono con legge geometrica da $\xi = l$ a $\xi = o$, e gli angoli di fase decrescono in progressione aritmetica.

In un *dato istante* la componente y_1 è nulla in tutti quei punti per i quali $p\,t - \alpha\,\xi + \omega_1 = (2\,k + 1)\,\frac{\pi}{2}$. La distanza fra due di questi punti è uguale alla semilunghezza d'onda. La lunghezza d'onda λ è dunque uguale a $\frac{2\,\pi}{\alpha}$. E poichè si ha $\lambda = v\,T$, dove v è la velocità dell'onda e T il periodo, così si ha $v = \frac{2\,\pi}{T} \cdot \frac{1}{\alpha} = \frac{p}{\alpha}$. Adunque l'onda si propaga con la velocità $\frac{p}{\alpha}$. La costante α si potrà chiamare *costante della velocità*, come la costante β, da cui dipende il fattore di attenuazione $e^{\beta\xi}$, si potrà chiamare *costante d'attenuazione*.

In un *dato punto*, la stessa componente è nulla in *tutti* gli istanti per i quali $p\,t - \alpha\,\xi + \omega_1 = (2\,k + 1)\,\frac{\pi}{2}$. La durata di un'onda è uguale a $\frac{2\,\pi}{p}$.

La seconda componente y_2 ha la stessa lunghezza di onda e la stessa velocità della precedente, dalla quale differisce in ciò che i valori massimi decrescono e gli angoli di fase crescono da $\xi = o$ a $\xi = l$.

Insieme alle onde di corrente si potrebbero considerare le onde di potenziale e si vedrebbe che anche queste, come le precedenti, sono

onde di interferenza. Vi ha però fra esse una differenza di fase ϕ, definita dalla relazione $\theta = \frac{\pi}{2} - 2\,\phi$, dove θ è tale angolo, che $\tang \theta = \frac{p\,L}{R}$. L'angolo θ ha una grande importanza, poichè al coseno di esso è proporzionale l'energia assorbita per effetto Joule lungo la linea.

Dopo quanto si è osservato, risulta chiaro che y_1 si può riguardare come l'onda diretta od incidente procedente dalla macchina dell'estremo trasmittente, ed y_2 come l'onda riflessa generata dall'apparato dell'estremo ricevente. La presenza dell'apparato ricevente agisce come una sorgente di secondaria radiazione. Le onde riflesse, venendo dall'apparato ricevente, possono essere chiamate le onde di controcorrente, prodotte dalla forza contro-elettromotrice, dovuta alla reazione dell'estremo ricevente.

L'apparato trasmittente agisce come una sorgente di luce e l'apparato ricevente come una superficie riflettente.

In tal modo il problema della propagazione delle onde elettriche viene guardato dallo stesso punto di vista, dal quale la teoria della luce vede i fenomeni di radiazione, riflessione, interferenza ed assorbimento.

Si può ora domandare quale sia la dissipazione di energia lungo la linea. La teoria matematica dimostra che tale dissipazione durante un periodo ed attraverso l'unità di lunghezza è proporzionale a cos θ, essendo, come sopra si è detto, $\tang \theta = \frac{p\,l}{R}$.

Se ne deduce che la dissipazione è tanto più piccola quanto più piccolo è cos θ, ovvero quanto più grande è $\tang \theta = \frac{p\,l}{R}$.

Dunque la dissipazione è impedita tanto da un piccolo valore di R, quanto da un alto valore di p L.

Si può quindi concluderne che un'alta reattanza aumenta l'efficacia della trasmissione, come potrebbe aumentarla una maggiore conduttività del filo.

La ragione fisica del fatto sta in ciò, che la reazione dovuta all'autoinduzione è grande di fronte a quella dissipatrice dovuta alla resistenza, e che perciò si ha un immagazzinamento di energia di fronte all'energia dissipata. Questo immagazzinamento di energia è riflesso al generatore nel caso dei circuiti ordinari, ma è propagato nel caso delle lunghe linee.

Un'altra considerazione mette in evidenza un altro vantaggio dell'alta induttanza nei lunghi conduttori.

Sia u l'ampiezza della corrente all'estremo trasmittente, ed u_s l'ampiezza ad una distanza s; allora, in virtù delle formule precedenti, si ha:

$$u_s = u\, e^{-\beta s} .$$

La costante β, la cui espressione matematica già data è:

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\, p\, C \left[\sqrt{p^2 L^2 + R^2} - p\, L\right]},$$

si può scrivere:

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\, p\, C}\, \frac{R}{\sqrt{\sqrt{p^2 L^2 + R^2} + p\, L}} .$$

L'attenuazione diminuisce col diminuire di β, e β alla sua volta diminuisce o col diminuire della resistenza o con l'aumentare della induttanza: ciò che avvalora le deduzioni precedenti.

Merita, oltre a ciò, di essere particolarmente rilevato che β dipende anche dalla frequenza e cresce con questa. Quindi nella trasmissione telefonica, dove onde armoniche complesse sono propagate sopra la linea, vi sarà distorsione delle onde, perchè le armoniche più elevate saranno più attenuate dalle armoniche più basse.

Ciò produce una distorsione del discorso, la quale è di impedimento alla conversazione telefonica. L'alta induttanza evita questa difficoltà, perchè, se l'induttanza è grande di fronte alla resistenza, si ha, con grande approssimazione:

$$\beta = \frac{1}{2}\, R \sqrt{\frac{C}{L}},$$

che è indipendente dalla frequenza.

In tal caso tutte le frequenze sono attenuate allo stesso modo.

Così l'alta induttanza non soltanto diminuisce l'attenuazione, ma impedisce la distorsione del discorso.

Risulta quindi che un circuito cosiffatto sarebbe nelle migliori condizioni per la trasmissione delle onde telefoniche.

4. — Propagazione sopra conduttori non uniformi. — Abbiamo innanzi messo in evidenza il grande vantaggio dell'alta induttanza nei conduttori.

Ma come può un conduttore d'onda essere costruito in modo da avere un'alta induttanza?

Evidentemente l'induttanza di un circuito si può accrescere come si vuole con l'introduzione di una bobina di appropriate dimensioni. Ma ciò non gioverà certamente nel caso dei conduttori d'onda, poichè una bobina così introdotta agirà, a causa della riflessione, come una barriera sulle onde elettriche.

L'aver superata questa difficoltà costituisce il maggior merito del prof. Pupin, il quale ha sottoposto il problema ad una trattazione matematica ed ha presentata una teoria, i cui più essenziali elementi possono essere spiegati ricorrendo alla seguente illustrazione meccanica:

Consideriamo (fig. 2) un corista, la cui impugnatura è rigidamente

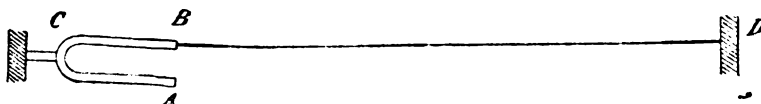



Fig. 2.

fissata. Ad uno dei suoi rebbi è attaccata una corda flessibile ed inestensibile B D, uno dei cui estremi è fissato in D.

Facendo vibrare fortemente il corista, si avrà nella corda un moto d'onda, il quale, se le resistenze di attrito che si oppongono al moto della corda sono piccole, sarà approssimativamente quello delle onde stazionarie, come nella fig. 3.

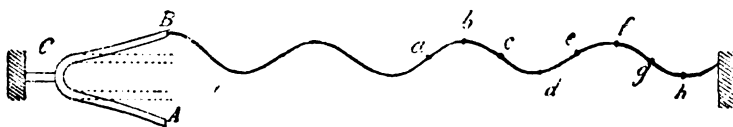



Fig. 3.

Le onde dirette, provenienti dal corista, e le riflesse, provenienti dal punto fisso D, avranno approssimativamente eguale ampiezza e con la loro interferenza formeranno delle onde approssimativamente stazionarie.

La fig. 4 rappresenta l'attenuazione dell'onda. L'esperienza dimostra che, quando tutti gli altri elementi sono eguali, l'accrescimento di densità della corda diminuisce l'attenuazione, perchè una più grande massa richiede una più piccola velocità per immagazzinare una data quantità

di energia cinetica, ed una più piccola velocità porta seco una più piccola perdita per attrito.

Una corda cosiffatta fornisce una notevole illustrazione dell'uniforme conduttore d'onda ad alta induttanza.

Supponiamo ora che un peso (una palla di cera, per esempio) venga

Fig. 4.

attaccata nel punto medio della corda, allo scopo di accrescerne la massa vibrante. Evidentemente i benefici effetti derivanti dall'accrescimento di massa saranno neutralizzati dagli effetti nocivi dovuti alla riflessione derivante dalla discontinuità così introdotta. L'efficacia della trasmissione risulta più piccola di quella che si aveva quando il peso non era attaccato. Suddividendo però la cera in tre parti eguali poste in tre punti equidistanti lungo la corda, la trasmissione sarà migliorata, e più ancora sarà migliorata quando la cera sarà ancora più suddivisa. Così seguitando, si raggiungerà una configurazione per cui ogni altra suddivisione non produce alcun sensibile miglioramento. Tale configurazione sarà raggiunta quando la corda così caricata vibrerà come una corda uniforme della stessa massa, tensione e resistenza di attrito (fig. 5 e 6).

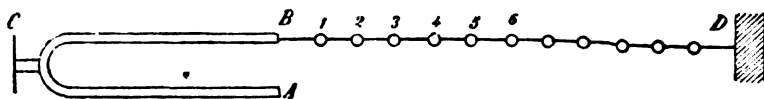



Fig. 5.

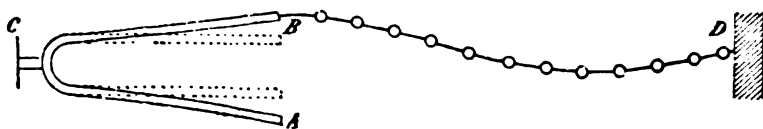



Fig. 6.

Gli esperimenti fatti con queste corde conducono a ritenere che la distanza fra i carichi deve essere considerevolmente più piccola della metà della lunghezza dell'onda, che, corrispondentemente ad una data frequenza, viene trasmessa sopra una corda uniforme, avente la stessa

massa, tensione e resistenza di attrito. È bene avvertire che una data corda può essere appropriatamente carica per qualche lunghezza di onda, e può non esserlo per più corte lunghezze d'onda. Non è possibile caricare una corda in modo da renderla equivalente ad una corda uniforme per tutte le lunghezze d'onda, ma se la distribuzione dei carichi soddisfa alle condizioni relative ad una data lunghezza d'onda, essa soddisferà anche a quelle relative a lunghezze d'onda più grandi.

5. — Vediamo ora quale circuito si può far corrispondere per analogia alla corda innanzi considerata.

A questo scopo si considerino le disposizioni delle fig. 7 e 8.

La fig. 7 rappresenta un conduttore, che chiameremo *conduttore* non uniforme del 1° tipo.

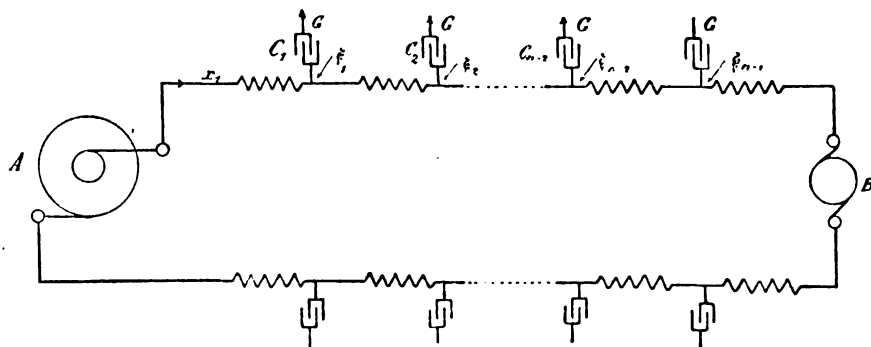



Fig. 7.

Esso consiste di $2n$ bobine eguali $L_1\ L_2 \ldots L_n$ connesse in serie, così da formare un circuito chiuso. Ad un punto A di questo circuito è un alternatore, al punto opposto un apparato ricevente B.

Ad ugual distanza $2n-1$ eguali condensatori $C_1 \ldots\ldots C n-1$ congiungono il conduttore alla terra. L'intero circuito è così diviso in $2n-2$ circuiti componenti, 1, $2 \ldots\ldots 2n-2$. È evidente che al limite per n infinitamente grande, questo conduttore diventa un'ordinaria linea telegrafica e telefonica, con resistenza, capacità ed induttanza uniformemente distribuite.

La fig. 8 rappresenta un altro conduttore, che chiameremo conduttore non uniforme del 2° tipo. Un filo lungo, uniforme forma un circuito $L_1\,L_2 \ldots\ldots L_{k+2}$. Ad eguali intervalli sono inserite in serie $2k+2$ bobine eguali $L_1\ L_2 \ldots\ldots$ Per maggior generalità, si può supporre che ciascuna bobina abbia un condensatore di capacità C_0 in serie con essa.

Con L, R, C si possono indicare l'induttanza, la resistenza e la capacità per unità di lunghezza del filo uniforme. La forza elettromotrice

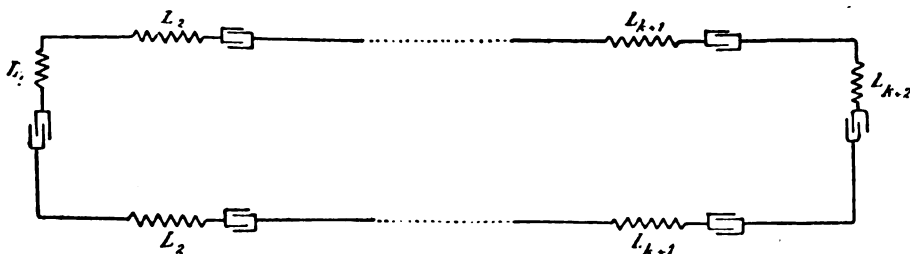



Fig. 8.

si può supporre applicata in L_1. L'apparato ricevente si può immaginare escluso.

6. — Risulta evidente che i conduttori descritti si possono far corrispondere alla corda carica, di cui innanzi si è parlato. La legge matematica, secondo cui la corrente elettrica è distribuita sopra tali conduttori, è uguale a quella secondo cui la corda si muove. E ciò perchè si hanno le stesse reazioni in entrambi i casi: reazione cinetica o di massa, reazione distensione, reazione di resistenza nel caso della corda, reazione elettro-cinetica, reazione di capacità e reazione di resistenza ohmica nel caso del conduttore d'onda. Il Pupin ha data la teoria matematica della propagazione d'onda sopra conduttori non uniformi di questa specie. Noi ci limiteremo a riassumere in poche parole il finale risultato.

A tal uopo diamo ragione di alcune locuzioni che dovremo spesso adoperare. Noi diremo che due conduttori, uno non uniforme e l'altro uniforme, sono corrispondenti quando hanno la stessa totale induttanza, capacità e resistenza. Diremo ancora che un conduttore non uniforme è equivalente al suo corrispondente conduttore uniforme, quando il primo ha le stesse costanti caratteristiche del secondo, e cioè la stessa lunghezza d'onda e la stessa costante d'attenuazione. Dopo ciò, possiamo dire che il principale scopo della teoria si è quello di rispondere alla domanda:

Sotto quali condizioni i conduttori non uniformi dei due tipi considerati sono equivalenti ai loro corrispondenti conduttori uniformi?

Per formulare con precisione la risposta, è bene introdurre un conveniente vocabolo tecnico. A questo scopo consideriamo dapprima nel conduttore non uniforme del 1° tipo una qualunque delle uguali bobine

ed insieme quella lunghezza che ad essa corrisponde *nel corrispondente conduttore uniforme.*

Sia l una tale lunghezza.

Consideriamo poscia nel conduttore non uniforme del 2° tipo la distanza fra due consecutivi punti d'induttanza, cioè i punti nei quali le bobine d'induttanza sono introdotte. Denominiamola ancora con l. Indichiamo poi con λ la lunghezza dell'onda che deve essere trasmessa sul corrispondente conduttore uniforme, e con φ un angolo tale che:

$$\frac{\varphi}{2\pi} = \frac{l}{\lambda}.$$

L'angolo φ sarà chiamato *distanza angolare* della bobina nel conduttore del 1° tipo, *distanza angolare* fra i punti d'induttanza nel conduttore del 2° tipo.

Poichè ad $l = \lambda$ corrisponde $\varphi = 2\pi$, la lunghezza d'onda corrisponde alla distanza angolare 2π.

Dopo ciò, si può enunciare la legge che determina il grado di equivalenza fra un conduttore non uniforme ed il suo corrispondente conduttore uniforme.

Essa è:

Un conduttore non uniforme è tanto più equivalente al suo corrispondente conduttore uniforme quanto più sen $\frac{\varphi}{2}$ *si avvicina a* $\frac{\varphi}{2}$.

L'approssimazione dunque cresce col diminuire di φ, ossia essendo φ inversamente proporzionale a λ, essa cresce col crescere della lunghezza d'onda. Ne segue che, se l'approssimazione sussiste per alte frequenze, sussisterà a maggior ragione per più basse frequenze. Nel caso perciò della trasmissione telefonica sopra un conduttore non uniforme, basterà assicurarsi dell'equivalenza per quelle frequenze, che sono fra le più alte dell'onda complessa.

Il risultato enunciato è di grandissimo interesse, perchè esso, mentre ci dà nel conduttore non uniforme del 1° tipo un eccellente mezzo di investigazione sperimentale, ci autorizza a sostituire il conduttore non uniforme del 2° tipo ad una linea telegrafica o telefonica.

7. — Ad illustrare le considerazioni precedenti potrà ben valere il seguente esempio:

Consideriamo un doppio conduttore, quale è quello impiegato per i cavi telefonici, della lunghezza di 250 miglia.

Le sue costanti siano:

Resistenza $R = 9$ ohm.

Capacità mutua $C = .074 \times 10^{-6}$ farads;
Induttanza : $L = 0$.

Sopra tali cavi la distanza limite per la telefonia è di 78 miglia.

Il fattore di attenuazione per una frequenza di 600 p. p. s. alla distanza di 250 miglia è: $\frac{1}{25 \times 10^4} = e^{-250\beta}$, cosicchè all'estremo ricevente arriva soltanto $\frac{1}{25 \times 10^4}$ della corrente trasmessa.

Proponiamoci ora di diminuire l'attenuazione e la distorsione sopra un tal cavo mediante l'inserzione di bobine d'induttanza.

Le bobine sieno messe ciascuna ad 1 miglio di distanza ed abbiamo le seguenti costanti:

$R_1 = 9$ ohm;
$L_1 = .056$ Henry.

Al conduttore non uniforme, che così si viene a considerare, si può far corrispondere un *conduttore uniforme*, avente le costanti:

$R + R_1 = 9 + 9 = 18$ ohm;
$L + L_1 = 0 + .056 = .056$ Henry;
$C = .074 \times 10^{-6}$ farads.

Per questo corrispondente conduttore uniforme le costanti α e β si potranno calcolare mediante le formole:

$$\alpha = p\sqrt{2LC}\,,\ \beta = \frac{R}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,,$$

le quali sono state dedotte nella ipotesi che la resistenza sia trascurabile di fronte alla reattanza, e che la capacità mutua del doppio conduttore sia grande di fronte alla capacità fra ciascun conduttore e la terra, per cui si possa porre 2 R, 2 L in luogo di R ed L.

Il valore di β nel nostro caso risulta uguale a 0,015 ed il fattore di attenuazione alla distanza di 250 miglia è:

$$e^{250\beta} = \frac{1}{40} \text{ circa,}$$

ossia il $2\,{}^1/_2\,{}^0/_0$ della corrente inviata dall'estremo trasmittente raggiungerà l'estremo ricevente, mentre prima, quando non erano inserite le bobine, all'apparato ricevente arrivava soltanto $\frac{1}{25 \times 10^4}$ della

corrente iniziale. Cosicchè la corrente che arriva quando sono inserite le bobine è 6000 volte più grande di quella che arriverebbe nell'altro caso.

Possiamo ora domandarci quale è il grado di approssimazione di questo conduttore non uniforme al suo corrispondente uniforme.

Basterà calcolare la distanza angolare:

$$\varphi = 2\pi \frac{l}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \, (l = 1) \, .$$

E poichè $\lambda = \frac{2\pi}{\alpha} = \frac{2\pi}{p\sqrt{2\,L\,C}}$, che per $p = 750 \times 2\pi$ dà 14,6 miglia circa, così corrispondentemente alla frequenza ammessa di 750 p. p. s., si avrà $\varphi = \frac{2\pi}{14,6}$. Ora sen $\frac{\pi}{14,6}$ differisce da $\frac{\pi}{14,6}$ per meno dell'1 % del valore di $\frac{\pi}{14,6}$.

Quindi per una frequenza di 750 p. p. s. i valori di λ e β relativi al conduttore non uniforme differiranno da quelli del corrispondente conduttore uniforme per meno dell'1 %. Per più alte frequenze la differenza sarebbe ancora più piccola.

Tale differenza nella trasmissione telefonica non sarebbe avvertita, talchè il conduttore non uniforme così ottenuto rappresenterà un conduttore uniforme meno attenuante e meno distorcente per la trasmissione telefonica.

8. — Parte sperimentale. — La teoria innanzi brevemente riassunta è pienamente verificata dall'esperienza. Il prof. Pupin ha eseguiti diversi fortunati esperimenti, che si fondano sulle seguenti considerazioni.

È noto che lo studio nel Laboratorio delle oscillazioni hertziane è stato reso possibile dalla piccola lunghezza d'onda di tali oscillazioni. Il metodo di Hertz non pare certo applicabile alle onde elettriche con lungo periodo.

Ma ad un lungo periodo corrisponde necessariamente una *lunga onda elettrica?*

Dalla formula $\lambda = v\,T$, si deduce che anche per T grande, λ può essere piccola, purchè v sia piccola.

Così, per esempio, la lunghezza d'onda della luce del sodio è più corta nel vetro che nel vuoto, perchè la velocità della luce nel vuoto è maggiore di quella nel vetro.

Se noi potessimo aumentare a piacimento l'indice di rifrazione del vetro, noi potremmo corrispondentemente diminuire la lunghezza d'onda.

La stessa cosa può farsi nel caso delle onde elettriche.

Immaginiamo di aver costruita una bobina avente lo stesso coefficiente di auto-induzione, la stessa capacità e la stessa resistenza di una certa lunghezza (per esempio, 10 miglia) di filo telefonico. La distanza tra le faccie della bobina sia di tre pollici. Tale bobina è capace di immagazzinare tanta energia quanta ne può un filo lungo 10 miglia. Quindi interponendo tale bobina nel cammino dell'onda elettrica, essa farà avanzare l'onda solo di tre pollici nello stesso tempo, durante il quale l'onda stessa passerebbe attraverso le 10 miglia di filo considerato.

Connettendo 24 di tali bobine in serie noi abbiamo un circuito che è in ogni particolare equivalente ad un circuito di filo telefonico lungo 240 miglia. E se nel circuito telefonico un'intera lunghezza d'onda si sviluppa sopra 140 miglia, una medesima intera lunghezza d'onda si svilupperà sopra 14 bobine.

Il circuito formato con le bobine è un'esatta rappresentazione di un mezzo possedente un alto indice di rifrazione ed offre un nuovo mezzo di produrre corte onde anche per lunghi periodi di oscillazione, portando così i fenomeni della propagazione delle lunghe onde elettriche entro il raggio delle investigazioni di laboratorio.

È chiaro poi che la lunghezza d'onda in un tal conduttore può essere determinata, quando siano tracciate le curve dei medî quadrati della corrente o del potenziale, poichè allora la distanza fra i due successivi minimi darà la semi-lunghezza d'onda. Mediante la lunghezza d'onda ed il periodo si può poi calcolare la velocità di propagazione. Questo metodo sperimentale è essenzialmente identico a quello impiegato da Hertz per le rapide oscillazioni. Esso non potrebbe essere applicato alle ordinarie linee telegrafiche e telefoniche; ma può essere applicato ai conduttori non uniformi.

9. — È dopo ciò opportuno dare qualche cenno intorno agli esperimenti eseguiti sui conduttori del 1° e del 2° tipo.

I conduttori del 1° tipo esaminati dall'inventore consistevano di un certo numero di bobine, generalmente 24, congiunte in serie. Ogni bobina era formata di un certo numero di strati di filo avvolti sopra un rocchetto di legno. Ciascuno strato era coperto con un foglio di carta paraffinata, al quale era sovrapposto un foglio di stagnola, che a sua volta era coperto con un foglio di carta paraffinata. Indi era

avvolto il successivo strato, e così successivamente. I fogli di stagnola erano tutti connessi in serie ed attaccati ad un morsetto in comunicazione con la terra. Ogni bobina aveva le seguenti costanti:

$$L = .05 \text{ Henry}; \qquad C = .1 \text{ microf.}; \qquad R = 10 \text{ ohm.};$$

così ciascuna bobina era equivalente a 10 miglia di filo telefonico in uso fra New-York e Chicago.

Una speciale disposizione permetteva di connettere un elettro-dinamometro Siemens ed un voltmetro multicellulare Thomson, allo scopo di fare delle letture nei punti compresi fra le diverse bobine.

Gli alternatori che fornivano la forza elettromotrice impressa erano due piccole macchine, aventi ciascuna 4 separate armature e 4 campi, che ruotavano sullo stesso asse. In questa maniera potevano essere ottenute tutte le frequenze comprese fra 25 e 750 p. p. s.

Furono costruite le curve dei medî quadrati della corrente e del potenziale, quando era escluso l'apparato ricevente. La f. e. m. impressa era di 234 volts e la frequenza di 610 p. p. s. Le curve coincidevano notevolmente con quelle date dalla teoria.

La lunghezza d'onda della corrente fu determinata in base al risultato teorico che la lunghezza d'onda nelle curve dei medî quadrati è la metà di quella relativa alle onde di corrente e di potenziale.

Mediante la distanza fra un massimo ed il successivo minimo, si determinò il quarto della lunghezza d'onda.

Si trovò: $\lambda = 232$ miglia:

$$v = \lambda\, T = 232 \times 610 = 141520 \text{ miglia.}$$

Il valore teorico di v, calcolato mediante la formula $v = \frac{2\pi}{T} \times \frac{1}{\alpha}$, risulta eguale a 141480 miglia.

L'accordo fra il valore osservato ed il calcolato è rimarchevole.

10. — Per verificare le leggi relative ai conduttori non uniformi del 2° tipo, l'inventore ha costruito un cavo artificiale (V. fig. 9), il quale consta di 250 sezioni. Ogni sezione consta di un foglio di carta paraffinata, su ciascuna parte del quale è una striscia di stagnola.

La resistenza di tale striscia è di 9 ohm circa.

La capacità del condensatore formato con due striscie è 0,074 microfarad approssimativamente.

Le 250 sezioni connesse in serie rappresentano un cavo di 250 miglia, avente una resistenza di 9 ohm ed una capacità di 0,074 ϕ per

miglio. Fra una sezione e l'altra è inserita una bobina, che ha una induttanza effettiva di 0,058 Henry.

Nella fig. 9 i segmenti A, B, C, D, A_1, B_1, C_1, D_1, rappresentano

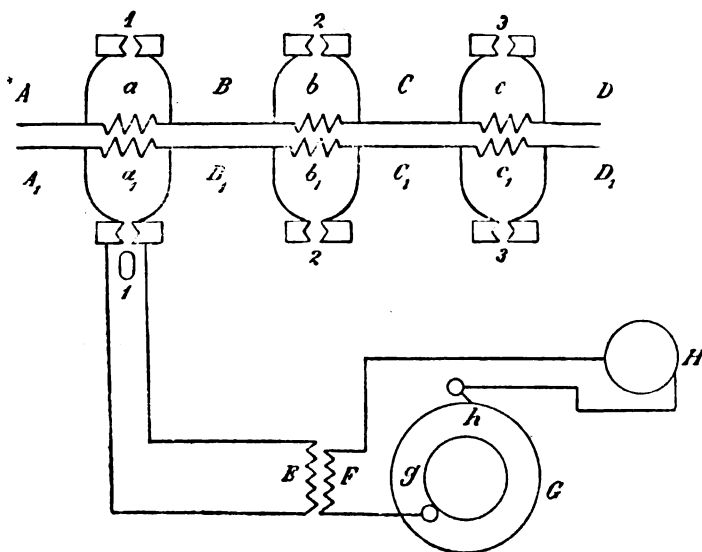



Fig. 9.

le sezioni. I segmenti superiori rappresentano una parte del cavo, gli inferiori l'altra parte. Le doppie bobine $a\,a_1$, $b\,b_1$, $c\,c_1$, sono avvolte sopra un rocchetto e separate da un foglio di carta. Esse sono connesse alle piastre di rame 1, 2, 3.

Quando le spine sono tolte, le sezioni consecutive del cavo sono inserite fra loro mediante le bobine. Se le spine sono dentro, le bobine sono messe in corto circuito ed in questo modo le sezioni del cavo sono connesse direttamente mediante le spine.

Nell'ultimo caso si ha un cavo uniforme: nel 1° si ha un cavo non uniforme di 250 miglia di lunghezza, con bobine d'induttanza inserite in ciascun miglio.

La f. e. m. era impressa da un alternatore di 30 poli, girante ad una velocità normale di 2400 rivoluzioni per minuto. Essa dava una f. e. m. armonica complessa.

Con trasformazioni quali sono indicate nella fig. 10, le superiori armoniche furono eliminate. In questo circuito A è l'alternatore. Il circuito secondario D, E, F, G, contiene un condensatore F ed una bobina ausiliaria E. Regolando la capacità del condensatore F e l'in-

duttanza della bobina E, la impedenza di questo circuito poteva essere ridotta in guisa che la f. e. m. impressa alla terza bobina H connessa alla linea fosse una armonica semplice.

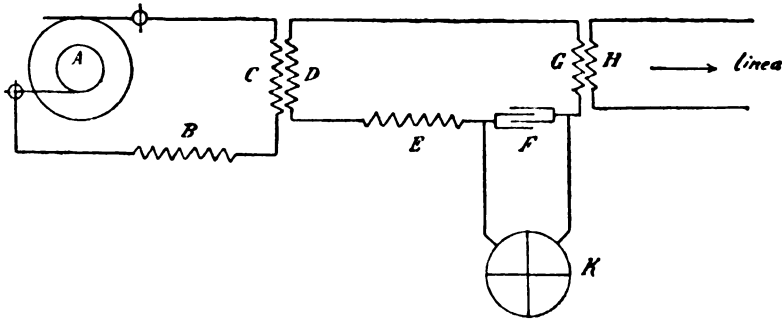



Fig. 10.

Il voltmetro multicellulare K serviva ad indicare le variazioni di velocità e di f. e. m. impressa.

Una speciale disposizione, di cui è parte principale un contatto Towsend (fig. 9 g) permetteva di poter leggere in un galvanometro Rowland-D'Assanval (H fig. 9), il medio valore della corrente, durante mezzo periodo. A questo scopo un contatto mobile fu inserito attraverso gli estremi di una bobina d'induttanza, cioè a_1.

La bobina fu così shuntata col circuito 1 E, contenente una piccola bobina E, che agiva induttivamente sul circuito del galvanometro. Le letture del galvanometro erano proporzionali al medio valore della corrente, scorrente attraverso la bobina d'induttanza a_1. Il contatto mobile si poteva far scorrere sul circuito.

Per comprendere come le letture dei medî valori possono essere utili per la determinazione della lunghezza d'onda, occorre osservare che quando in un circuito non uniforme equivalente ad un circuito uniforme, si conta il tempo dal momento in cui l'intensità y è zero nel punto medio e si determinano i valori medî da questo momento, si ha $M(y) = \frac{y_0}{2}(e^{\beta\xi} + e^{-\beta\xi}) \cos \frac{2\pi}{\lambda}\xi$, in cui y_0 è il medio valore della corrente nel punto medio.

Questa espressione passa per lo zero sempre che sia ξ un multiplo dispari di $\frac{\lambda}{4}$, e le letture passano allora da una parte all'altra dello zero.

Furono fatte diverse letture corrispondentemente alle diverse posi-

zioni del contatto mobile e fu notato il numero delle inversioni corrispondenti ad una certa lunghezza della linea.

Per una frequenza di 600 p. p. s. si ottennero cinque inversioni sopra una distanza di 41 miglia. Così $^9/_4$ di lunghezza d'onda coprivano 41 miglia. Si otteneva $\lambda = 18,2$.

Il valore teorico risultava eguale a 18,1 miglia.

Altri esperimenti furono fatti per la determinazione della costante di attenuazione, e per la verifica delle riflessioni interne nei conduttori non equivalenti. Vi fu sempre coincidenza fra la teoria e l'esperienza.

Esperimenti di telefonia furono pur fatti sopra il cavo non uniforme considerato. Escludendo le bobine d'induttanza, la trasmissione non era possibile al di là di 75 miglia. Includendo le bobine d'induttanza distribuite in gruppi di 5, ogni gruppo alla distanza di 5 miglia, non si otteneva nessun miglioramento.

Ma se le bobine d'induttanza erano poste alla distanza d'un miglio, come è richiesto dalla teoria, allora la voce del trasmittente arrivava al ricevitore chiara così come se fosse stata vicina.

L'effetto che le bobine d'induttanza, opportunamente distribuite, producono sull'efficacia della trasmissione, meraviglia anche me (dice il Pupin), che pure ho acquistato una perfetta familiarità con questo affascinante problema di elettro-meccanica.

NOTA (*Vedi fig. 1*).

Se si indicano con y e V l'intensità ed il potenziale nel punto s, si ha:

$$-dV = L\,ds\,.\frac{\partial y}{\partial t} + R\,ds\,.\,y, \text{ ossia } L\frac{\partial y}{\partial t} + R\,y + \frac{\partial V}{\partial s} = 0, \qquad (1)$$

nella quale non si è tenuto conto delle reazioni dissipative che si hanno a causa dei conduttori vicini e si è supposto l'isolamento perfetto.

Indichiamo con x la corrente di spostamento. Si ha:

$$x = C\frac{\partial V}{\partial t} = -\frac{\partial y}{\partial s}. \qquad (2)$$

Dalle (1) e (2) si trae:

$$L\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + R\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{C}\frac{\partial^2 y}{\partial s^2}, \qquad (3)$$

la quale vale per quei punti della linea dove l'uniformità non è disturbata dalla interposizione di apparati riceventi e trasmittenti.

Ma nei punti dove esistono gli apparati occorre ricorrere ad equazioni sussidiarie, che esprimono le condizioni ai limiti in quei punti, ed alle quali, oltre che alla (3) deve soddisfare la funzione y.

Per esprimere tali condizioni, indichiamo con $e = f(t)$ la forza elettromotrice impressa dal generatore A, ed indichiamo con L_0, R_0, C_0 il coefficiente di autoinduzione, la resistenza e la capacità in A, con L_1, R_1, C_1 le quantità analoghe in B.

Siano poi:

V_0 il potenziale nel punto $s = 0$;
V_{2l} » » $s = 2l$;
V_l » in quell'estremo dell'apparato ricevente più vicino ad A;
$V_{l'}$ » nell'altro estremo.

Siano poi:

P_0 la differenza di potenziale nel condensatore C_0;
P_1 » » » C_1.

Le equazioni esprimenti le condizioni ai limiti saranno:

$$\left\{\begin{array}{l} \left[L_0 \frac{\partial y}{\partial t} + R_0 y + P_0 + V_0 - V_{2l}\right]_{s=0} = f(t) \\ \left[L_1 \frac{\partial y}{\partial t} + R_1 y + P_1 + V'_l - V_l\right]_{s=l} = 0 \end{array}\right. \tag{4}$$

Da condizioni puramente fisiche si deduce che il potenziale V è discontinuo in $s = 0$ ed $s = l$, e che in un sistema simmetrico come quello considerato, la discontinuità si riduce a questo che:

$$V_0 = -V_{2l} : V_l = -V_{l'}.$$

In altre parole:

$$V = -V'$$

dove V è il potenziale in un punto tra $s = 0$ ed $s = l$;
V' » » $s = l$ ed $s = 2l$.

Il significato fisico del problema suggerisce poi la soluzione:

$$y = (K_1 \cos m\xi + K_2 \operatorname{sen} m\xi)\, e^{k_1 t} \tag{5}$$

dove $\xi = l - s$.

La (5) soddisferà alla (3), purchè sia:

$$-m^2 = k_1 C (k_1 L + R).$$

La soluzione (5) contiene 3 costanti arbitrarie K_1, K_2, k_1, le quali si determineranno sostituendo nella (4) il valore di y tratto dalla (5).

Quando si supponga $f(t) = E e^{kt}$ con E e k costanti, e si introducano le abbreviazioni:

$$\lambda_0 = L_0 + \frac{1}{k^2 C_0} \quad ; \quad \lambda_1 = L_1 + \frac{1}{k^2 C_1}$$

$$h_0 = k C (k \lambda_0 + R_0) \quad ; \quad h_1 = k C (k \lambda_1 + R_1)$$

$$D_0 = k C E$$

$$F = (h_0 h_1 - 4 m^2) \operatorname{sen} m l + 2 m (h_0 + h_1) \cos m l$$

l'equazione (5) potrà essere scritta:

$$y = [2 m \cos m\xi + h_1 \operatorname{sen} m\xi]\, \frac{D_0 e^{kt}}{F} \tag{6}$$

la quale, dando la più generale soluzione del problema, vale così per le forzate come per le libere oscillazioni.

Consideriamo le oscillazioni armoniche, mantenute mediante l'azione di un alternatore. In questo caso la f. e. m. impressa è la parte reale di $E e^{ipt}$ e la corrente sarà la parte reale di y nella (6). Avremo allora:

$$-m^2 = -(\alpha + i\beta)^2 = ip\,C\,(ip\,L + R),$$

da cui:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\,p\,C\left(\sqrt{p^2L^2+R^2}+p\,L\right)}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\,p\,C\left(\sqrt{p^2L^2+R^2}-p\,L\right)}\,.$$

La corrente è la parte reale di:

$$y = (2\,m\cos m\,\xi + h_1 \operatorname{sen} m\,\xi)\,\frac{D_0\,e^{ipt}}{F}\,.$$

La separazione delle parti reale ed immaginaria di questa espressione può essere fatta come segue. Si può scrivere:

$$\frac{D_1\,e^{ipt}}{F} = i\,A\,e^{i(pt-\psi)}$$

e si può dimostrare che:

$$2\,m\cos m\,\xi + h_1 \operatorname{sen} m\,\xi$$

si può mettere sotto la forma:

$$X\,e^{\beta\xi}\cos(\alpha\xi+\varepsilon)+Y\,e^{-\beta\xi}\cos(\alpha\xi-\delta) - i\left[X\,e^{\beta\xi}\operatorname{sen}(\alpha\xi+\varepsilon)-Y\,e^{-\beta\xi}\operatorname{sen}(\alpha\xi-\delta)\right],$$

quindi la parte reale di y sarà della forma:

$$y = -A\left[X\,e^{\beta\xi}\cos(p\,t-\varepsilon-\psi-\alpha\xi)+Y\,e^{-\beta\xi}\cos(p\,t-\psi-\delta+\alpha\xi)\right]. \tag{7}$$

Il potenziale V si ottiene facilmente dalla:

$$\frac{\partial y}{\partial \xi} = C\,\frac{\partial V}{\partial t},$$

dalla quale si ha:

$$V = A_1\left[-X\,e^{\beta\xi}\operatorname{sen}(p\,t-\psi-\varphi-\varepsilon-\alpha\xi)+Y\,e^{-\beta\xi}\operatorname{sen}(p\,t-\psi-\varphi-\delta+\alpha\xi)\right] \tag{8}$$

$$\frac{dV}{d\xi} = A_1\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\left[X\,e^{\beta\xi}\cos(pt-\psi-\varepsilon-\alpha\xi+\theta)+Y\,e^{-\beta\xi}\cos(pt-\psi-\delta+\alpha\xi+\theta)\right] \tag{9}$$

dove:

$$\theta = \frac{\pi}{2} - 2\,\varphi$$

mentre:

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\alpha}{\beta}$$

e quindi:

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{p\,L}{R}\,.$$

Dalle precedenti equazioni si deducono pure le espressioni delle medie dei quadrati:

$$M(y^2) = \frac{A^2}{2}\left[X^2e^{2\beta\xi}+Y^2e^{-2\beta\xi}+2\,X\,Y\cos(2\,\alpha\,\xi-\varepsilon-\delta)\right]$$

$$M(V^2) = \frac{A_1^2}{2}\left[X^2e^{2\beta\xi}+Y^2e^{-2\beta\xi}-2\,X\,Y\cos(2\,\alpha\,\xi+\varepsilon-\delta)\right]$$

e, mediante queste, si può dimostrare che:

$$R\,M\,(y') = \frac{1}{2}\, A\,v\, A\,y \cos\theta \tag{10}$$

dove $A\,v$, $A\,y$ sono il potenziale e l'intensità efficaci.

La quantità A, A_1, X, Y, ε, δ possono essere calcolate, quando occorra.

Le questioni proposte in questa investigazione possono avere una risposta senza la conoscenza dei valori numerici di queste quantità.

Le formole ottenute si semplificano quando si suppone trascurabile la impedenza dell'apparato ricevente: ciò che rende $h_1 = 0$. In questo caso, che non differisce essenzialmente da quello nel quale si suppone nulla anche l'impedenza dall'apparato trasmittente, si ha:

$$y = A\left[e^{\beta\xi}\,\text{sen}\,(p\,t - \psi - \alpha\,\xi) + e^{-\beta\xi}\,\text{sen}\,(p\,t - \psi + \alpha\,\xi)\right] \tag{7'}$$

$$V = A_1\left[e^{\beta\xi}\cos\,(p\,t - \psi - \varphi - \alpha\,\xi) - e^{-\beta\xi}\cos\,(p\,t - \psi - \varphi + \alpha\,\xi)\right]. \tag{8'}$$

Dopo ciò, è bene rilevare qualche proprietà relativa al modo secondo cui avviene la propagazione.

Dalle (7') ed (8') si ricava che le onde di corrente e di potenziale sono onde di interferenza.

La corrente può essere decomposta nelle due componenti:

$$y_1 = A\,e^{\beta\xi}\,\text{sen}\,(p\,t - \psi - \alpha\,\xi)$$

$$y_2 = A\,e^{-\beta\xi}\,\text{sen}\,(p\,t - \psi + \alpha\,\xi)$$

per modo che:

$$y = y_1 + y_2$$

y_1 decresce da $\xi = +l$ a $\xi = -l$;

y_2 » $\xi = -l$ a $\xi = +l$.

La prima onda parte da un polo dell'alternatore trasmittente e descrive in un senso il circuito; la seconda onda parte dall'altro polo dell'alternatore ed attraversa il circuito nella direzione opposta. Le onde hanno la stessa ampiezza iniziale, la stessa velocità, e vengono attenuate allo stesso modo. L'onda della corrente risultante è un'onda d'interferenza. Ma a causa dell'attenuazione l'interferenza non è capace di produrre un'onda stazionaria, perchè, quando le due onde s'incontrano, esse hanno ampiezze diseguali.

Dalle (7) ed (8) si deduce che anche nel caso generale le onde di corrente e di potenziale sono pur esse onde di interferenza, le cui componenti sono in numero di due.

Per la corrente si ha:

$$y = y_1 + y_2$$

dove:

$$y_1 = -A\,Y\,e^{-\beta\xi}\cos\,(p\,t - \psi - \delta + \alpha\,\xi)$$

$$y_2 = A\,X\,e^{\beta\xi}\cos\,(p\,t - \psi - \varepsilon - \alpha\,\xi + \pi)$$

y_1 diminuisce da $\xi = -l$ a $\xi = 0$;

y_2 » $\xi = 0$ a $\xi = -l$.

Quindi y_1 è l'onda diretta od incidente procedente dalla macchina dell'estremo trasmittente, ed y_2 è l'onda riflessa, generata dall'apparato dell'estremo ricevente.

Allo stesso modo la propagazione avviene nel tratto compreso fra $\xi = l$ e $\xi = 0$.

N. 3.

PROTEZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI
CONTRO LE
SCARICHE ATMOSFERICHE

SCARICAFULMINI PER LINEE AEREE TIPO IN SERIE
Brevetto Ing. GOLA (1)

LETTURA

dell'Ing. G. Gola

fatta alla Associazione Elettrotecnica Italiana, Sezione di Milano nella Seduta del 20 gennaio 1902

(Con 4 tavole).

Egregi Colleghi,

L'argomento all'ordine del giorno mi offre l'insperato onore di aprire la serie delle Conversazioni elettrotecniche indette dal Consiglio della nostra Sezione, e insieme l'occasione di presentare a voi e al pubblico industriale a mezzo vostro, un nuovo apparecchio per la protezione degli impianti elettrici contro le scariche atmosferiche, il quale, partendo da concetti completamente diversi da quelli fin qui seguiti, presenta sotto un nuovo aspetto il problema, e, applicato su impianti industriali, ha dato già risultati praticamente completi.

La questione ha assunto oggi la massima importanza non tanto per l'aumentato numero e l'imponente grandiosità dei trasporti di energia a distanza eseguiti ed in corso di esecuzione, ma più ancora perchè, vinte ormai le ultime diffidenze, a questi impianti vengono a collegarsi i più complessi e più vitali servizi pubblici e privati, le cui esigenze reclamano come condizione prima ed essenzialissima una continuità di esercizio sicura in modo assoluto, o almeno non inferiore a quella che presentavano gli antichi sistemi di produzione di luce e di energia meccanica.

(1) Quest'apparecchio è protetto da privativa industriale nei principali Stati di Europa e d'America.

Ora è noto che le macchine in genere che costituiscono le nostre stazioni elettriche, e per la loro costruzione e per il loro modo di funzionare, hanno raggiunto un tale grado di perfezione, che nulla hanno a temere dal confronto con i meccanismi degli impianti termici ed idraulici frazionati che esse vanno sostituendo, anzi singolarmente si presentano in condizioni di maggior semplicità, e quindi soddisfano ampiamente a questo requisito.

Le linee aeree invece, esposte a tutte le azioni esterne, costituiscono pur sempre il punto debole del sistema; mentre si possono dire vinte le maggiori difficoltà per quanto riguarda l'isolamento e la stabilità meccanica, il problema della difesa contro le scariche atmosferiche non è certo risolto in modo soddisfacente.

Del grave inconveniente si preoccupano tanto le Case costruttrici che le Imprese d'esercizio, e sappiamo che seri studi sono istituiti sull'argomento, perchè ogni giorno vediamo annunziati nuovi perfezionamenti tendenti ad aumentare la sensibilità degli apparecchi già ora in uso; ed io, che ho seguito un po' gli ultimi lavori fatti in questa materia, non ho nessun dubbio sull'attendibilità degli esperimenti di laboratorio che esse rendono di pubblica ragione.

Parmi però che questi studi sistematici abbiano un po' ristretto il campo della questione e che, indirizzati tutti quanti su un certo ordine di idee che portò già a buoni risultati, abbiano perduto un po' di vista tutta la vastità del problema e si limitino a considerarlo da un solo lato, che forse non è nemanco il più importante, che certo non comprende tutta la questione.

La cosa è ben facile a comprendersi, se noi ritorniamo per un momento all'origine della questione stessa e ripensiamo all'effetto da ottenere per liberare una linea dall'elettricità atmosferica onde può essere diventata sede.

Evidentemente l'effetto è essenzialmente duplice, e precisamente: provocare la scarica di questa elettricità in un punto che a noi fa comodo, e quindi rompere l'arco formatosi a fine di impedire che per esso vada a terra anche la corrente di esercizio.

Ora, se ben consideriamo, i parafulmini escogitati fin qui, quanti essi sono, in sostanza affrontano il problema soltanto nella seconda sua parte, perchè tutti, benchè diversissimi di forma e di costruzione, hanno in comune la disposizione loro in *derivazione* sulla linea da proteggere. Tutti presuppongono quindi che la scarica sia avvenuta ed hanno dispositivi più o meno felici (alcuni riuscitissimi) per rompere l'arco formatosi.

Vero è che quanto più efficace è il dispositivo per la rottura pronta

di questo arco, tanto più si può aumentare la sensibilità dell'appa recchio stesso; ma si arriverà con questo ad un risultato completo? È lecito per lo meno dubitarne.

E in fatto, quale è il fondamento comune di questi apparecchi per presupporre che la scarica avvenga? Senza dubbio, la resistenza di selfinduzione delle macchine inserite sul circuito principale o la capacità dei cavi, a protezione dei quali i parafulmini vengono montati. Ora questa impedenza è essa veramente molto efficace; o più precisamente, è essa sempre sufficientemente efficace?

Ecco il problema essenziale: dal modo col quale io lo pongo, voi comprendete subito il mio pensiero di fare distinzioni fra scarica e scarica, e per questo non entrerò in disquisizioni teoriche, sempre incerte, sopra la natura dell'elettricità di origine atmosferica, ma richiamerò semplicemente alcune osservazioni che molti di voi avranno certamente avuto occasione di fare, ed essenzialmente queste due:

In alcuni casi, generalmente durante perturbazioni atmosferiche notevoli, una macchina viene fulminata mentre i parafulmini che la precedono funzionano vivamente: si direbbe che la quantità di elettricità atmosferica onde si sono caricate le linee sia tanta che essa non trovi uno sfogo sufficiente nella derivazione a terra degli scaricafulmini; o più precisamente, il fenomeno avviene *come se* le resistenze totali al passaggio di questa elettricità atmosferica nelle due derivazioni, che possiamo supporre formatesi dalla linea esterna nel punto di applicazione dei parafulmini (della quale una, che dirò principale, va alle macchine, e l'altra, che dirò sussidiaria, va a terra) fossero fra loro in un rapporto finito e anche pressochè dello stesso ordine di grandezza; così anche la divisione della scarica avviene in un rapporto finito e apprezzabile su entrambi i circuiti.

In altri casi, che si verificano (pare di preferenza) in momenti in cui i nostri sensi non avvertono perturbazioni atmosferiche, una macchina può venir fulminata senza che i parafulmini anteposti abbiano dato il più piccolo segno di funzionamento, come risulta dall'esame delle linee o superficie che comprendono lo spazio esplosivo. Qui il fenomeno avviene *come se* la sopraelevazione di tensione che si produce sui fili della linea non fosse sufficiente per vincere la resistenza ohmica dello spazio esplosivo del parafulmine, mentre invece è capace di vincere le resistenze di isolamento negli avvolgimenti delle macchine, dove pure la resistenza ohmica è nella generalità dei casi notevolmente maggiore.

A questa differenza di comportamento dei parafulmini corrisponde in generale una differenza negli effetti della fulminazione delle mac-

chine; mentre nel primo caso il passaggio della scarica dai fili alla massa presenta traccie marcate tanto sul rame che sulla ghisa, nel secondo rimangono segni meno visibili; se però ben si osserva, si trova sul filo una perlina che indica il punto dal quale l'arco è scoccato e sulla massa una chiazza nel punto dove la scintilla si è scaricata.

È notevole il percorso che superano talora queste scariche nel dielettrico delle macchine. In casi di alternatori a indotto fisso e induttore rotante, fu più volte osservato in queste condizioni che la scarica passa da un filo dello *stator* ad una o più espansioni polari dell'induttore rotante, quantunque per arrivare ad esse il tratto sia assai più lungo che per arrivare a punti della carcassa in diretta comunicazione con la terra e senza confronto più lungo dello spazio esplosivo del parafulmine.

Adunque qui il fenomeno avviene ancora *come se* i campi magnetici ed elettrici sovrapposti nella macchina avessero tali azioni da derivare la scarica dagli avvolgimenti in determinate posizioni e dar loro particolari direzioni, vincendo resistenze ohmiche così grandi da confondere le nostre idee, che basano la sensibilità dei parafulmini su differenze appena percettibili del loro strato d'aria.

Ora, qualunque sia l'essenza di questi fenomeni, una cosa rimane provata, ed è che dei due circuiti derivati dalla linea esterna nel punto di applicazione dei parafulmini ordinari, nessuno presenta un'impedenza a tutte le scariche così grande, da potersi ritenere come infinita rispetto a quella dell'altra, e ne consegue che in alcuni casi entrambi ne sono insieme percorsi, in altri casi uno solo, ma non sempre lo stesso.

Questo vuol dire che molto probabilmente queste manifestazioni elettriche, che noi siamo soliti di denominare con il termine generico di fulminazioni, hanno nei diversi casi diversa forma e diversi caratteri; ma questo vuol dire essenzialmente che la protezione che offrono gli attuali parafulmini è cosa tutt'altro che sicura, del che, del resto, nessuno dubitava certamente anche prima delle mie considerazioni. Il peggio si è che, da quanto precede, parrebbe risultare che una protezione assolutamente sicura non si può neanche sperare finchè i successivi perfezionamenti vengono perseguiti dallo stesso punto di vista del problema.

Parrebbe quindi logico, riferendoci alla distinzione fatta avanti sopra gli effetti da produrre con i parafulmini, cercare di ottenere ulteriori perfezionamenti partendo dall'altro concetto, di provocare cioè nel parafulmine stesso la scarica dell'elettricità atmosferica con qualche dispositivo in *serie* che, senza disturbare il regime della corrente di

esercizio, costituisse una barriera al propagarsi dell'elettricità atmosferica oltre lo scaricatore.

Se questo sistema non otterrà da solo anche l'altro effetto di rompere con sufficiente prontezza l'arco formatosi, a questo si potrà sempre provvedere con uno dei tanti apparecchi in derivazione, e i due sistemi che affrontano la stessa questione da punti opposti potrebbero reciprocamente completarsi.

È veramente singolare il caso che nessuno abbia pensato a questa specie di setaccio, che io immagino, con il quale vagliare in certo qual modo l'elettricità che noi immettiamo nelle nostre macchine. Io attribuisco questo un po' al fatto che per stabilire *a priori* il dispositivo esatto da adottare, occorrerebbe avere conoscenze precise sulla natura dell'elettricità da scaricare, un altro po' al fatto, non nuovo del resto, che i risultati buoni, per quanto incompleti, ottenuti considerando il problema sotto un certo punto di vista, hanno dato alle successive ricerche una speciale orientazione che ne limitò il campo; e più alla circostanza che, mentre è relativamente facile esperimentare in officina un apparecchio per rompere un arco formato artificialmente, sono assai meno facili e meno attendibili, se pure non impossibili, esperimenti diretti a produrre i fenomeni delle fulminazioni come quelli onde la Natura ci è prodiga pur troppo nei nostri impianti.

Ma quello che la teoria non può stabilire *a priori*, e che esperimenti artificiali non possono mettere in evidenza direttamente, può essere suggerito dall'osservazione di casi di fulminazioni naturali, tanto più quando, per speciali condizioni, questi casi si presentano ripetutamente e sotto forme caratteristiche marcate, e quando chi ha occasione di osservarli non ha preconcetti o indirizzi prestabiliti, appunto per non essersi applicato a studi sistematici al riguardo.

Tale è il caso mio; senza aver pensato di proposito allo studio di nuovi parafulmini, e senza pretesa di aver risolto alcuni dei tanti problemi sulla natura dell'elettricità atmosferica, posso presentarvi uno scaricatore che ho costruito col proposito essenzialmente di riprodurre in un apparecchio distinto e indipendente dalle macchine quelle condizioni di cose osservate nelle macchine stesse fulminate.

Il risultato è un complesso di dispositivi, sostanzialmente abbastanza semplice e del tutto caratteristico, il cui modo di funzionare in *serie* sulla linea persuase *a priori* tecnici valenti e autorevoli in materia, che si mostrarono fin da principio convinti della sua efficacia; ed io confesso che dopo questo e dopo i primi risultati ottenuti, ero tentato parecchio di farlo conoscere senz'altro pubblicamente.

Peraltro, conscio che in materia di fulmini ogni previsione non può

far a meno di una buona conferma, e poco fidando sopra gli esperimenti di laboratorio con i fulmini artificiali (prove tuttavia tentate, ma con risultati inconcludenti), ho voluto, prima di presentarlo, attendere quasi un anno, durante il quale i primi campioni funzionarono in condizioni le più difficili e con i risultati i più completi.

Accennerò in seguito a questi esperimenti e ai termini di confronto che si ebbero a disposizione, i quali mettono in evidenza l'efficacia del nuovissimo sistema.

Intanto è tempo che io faccia un cenno sommario sulla costruzione di questo apparecchio, premettendo che le osservazioni pratiche alle quali ho accennato avanti non sono mie soltanto, ma in maggior parte di altri miei colleghi e principalmente del signor G. Bonacini, già mio collaboratore all'ufficio Montaggi dell'A. E. G., dove aveva l'incarico, fra gli altri, di provvedere alle riparazioni delle macchine che venivano fulminate.

La primitiva disposizione, brevettata in data 13 maggio 1901, ricevette poi alcune modificazioni, come risulta dal brevetto completivo del 10 novembre, allo scopo di rendere l'insieme più robusto e per dare maggior sviluppo ad alcuni elementi secondo suggeriscono le leggi fondamentali sulle correnti ad alta frequenza e sulla induzione elettrostatica, tenendo però per base di non modificare alcuno di quei dispositivi che la pratica mi aveva suggerito e quindi sanzionato, persuaso possano essere essenziali certi particolari che teoricamente potrebbero sembrare non indispensabili (1).

L'apparecchio consiste essenzialmente di due calotte A, B di materiale magnetico esternamente verniciato con uno strato di metallo non magnetico (per esempio, ramate elettroliticamente), tenute insieme da flangie e bulloncini, con l'interposizione di un telaio in zinco F che sporge all'esterno a mo' di nervatura a unghia.

L'insieme costituisce così un corpo cavo a raggi di curvatura molto diversi da punto a punto e allungato in modo da prendere quasi l'aspetto di una tartaruga. Superiormente porta un cappello ancora in materiale magnetico, che si collega, non metallicamente, alla calotta inferiore del corpo cavo per mezzo di un nucleo D, circondato da una spirale di filo di rame, di modo che, quando questo è percorso da una corrente, i pezzi A e C costituiscono le due estremità polari di un elettromagnete, fra le quali vengono a trovarsi la calotta B, pure essa

(1) Sorpassando sulla descrizione della prima forma che è chiaramente rappresentata nella Tav. I, aggiungerò due parole a dilucidazione del tipo modificato (Tav. II, III e IV).

calamitata, e due campi di linee di forza magnetica, uno nell'aria e l'altro nello spessore dello zinco.

Il cappello è tenuto collegato con la calotta superiore a mezzo di quattro viti in bronzo *m* che permettono di regolarne la distanza, e da un bullone *n*, pure in bronzo, che serve pure come morsetto principale.

Un conduttore a T, indicato in figura con la lettera G, mette in comunicazione l'interno della calotta inferiore B con l'esterno e si congiunge con la spirale H. che eccita l'elettromagnete.

Completano il dispositivo due pezzi di carbone P di forma speciale, che, montati su distinti isolatori, vanno a fare capo a terra e si trovano affacciati, a distanza regolabile, alle estremità acuminate del corpo principale.

La conduttura da proteggere si interrompe nel punto di applicazione di questo apparecchio: il capo che viene dall'esterno, cioè che fa parte della conduttura esposta alle scariche, si allaccia al morsetto superiore *n;* il capo che va all'interno e che fa parte del conduttore che deve essere protetto, si collega alla spirale H.

Così disposte le cose, osserviamo il modo di funzionare: l'elettricità dall'esterno, seguendo il filo, raggiunge il conduttore C esternamente convesso, sul quale si distribuisce diversamente, a seconda dei suoi peculiari caratteri. Di qui essa può passare tanto sui fili di terra P attraverso ad uno strato d'aria, quanto sul corpo A per i conduttori *m*, *n*, attraversando il campo magnetico interposto. L'elettricità, che così ha guadagnato l'elissoide cavo (la cui superficie esterna è costituita da punti a raggi di curvatura diversissimi, specialmente in corrispondenza della nervatura in zinco e delle due estremità affacciate ai conduttori di terra). vi troverà ancora una distribuzione speciale dipendentemente dalla forma del conduttore in rapporto con le caratteristiche dell'elettricità stessa; di qui essa ha ancora due vie: o ai conduttori di terra P, dai quali non è separata che dalla resistenza ohmica dello strato d'aria interposto, o alle macchine, per arrivare alle quali deve entrare all'interno del corpo cavo, restringersi sul conduttore G di piccola sezione e di piccolissima superficie esterna, e quindi percorrere la bobina di selfinduzione H, che eccita l'elettromagnete.

È evidente che questo apparecchio così inserito in serie sulla conduttura, sia per il materiale onde è costituito, sia per la forma sua, produce una discontinuità notevole rispetto alla linea stessa lungo la quale si propagano e la corrente industriale e le scariche atmosferiche.

È ovvio quindi che la sua presenza debba essere risentita in modo assai diverso dalle diverse manifestazioni elettriche, e debba quindi su

di esso avvenire una specie di selezione a seconda che su dette espressioni elettriche prevale l'effetto della resistenza ohmica o quella di alcuna delle varie altre forme di impedenza. Se volessimo paragonare a qualche azione materiale questo sistema di selezione, potremo dire, (sommessamente) che l'elettricità che arriva alle macchine deve subire attraverso questo apparecchio una specie di trafilazione, passando da C ad A, e di filtrazione, passando da A a G.

Non mi fermo altro nell'analisi di queste diverse azioni alle quali ho necessariamente dovuto accennare per la descrizione dell'apparecchio, tanto più che ho le mie ragioni per dubitare che i fenomeni della Natura avvengano singolarmente come noi immaginiamo e perchè del resto io venni a queste considerazioni per proporzionare in qualche modo gli elementi che costituiscono l'apparecchio ideato, ma attribuisco il massimo valore alla sanzione della pratica industriale. Ad ogni modo questo si può dire: che se l'analisi è incerta, sinteticamente è pressochè intuitivo che il concorso di tutti i fenomeni che conosciamo di impedenza alle correnti oscillanti e alle induzioni elettrostatiche, e di tutti in un punto solo, debba valere a scaricare proprio in questo punto stesso la condultura da quante sono le manifestazioni elettriche che possono trovare loro sede su di essa e che non hanno i caratteri e le proprietà delle correnti che noi produciamo nell'industria dei trasporti di energia.

Noi finora per favorire l'uscita delle scariche dai fili abbiamo ricorso unicamente all'aggiunta sulla linea di certe spirali di induzione; ma è logico dubitare che l'azione loro sia più apparente che reale. Infatti, non avendo esse altro effetto di impedenza che quello di selfinduzione che vi è già e assai maggiore nelle macchine, probabilmente la loro azione non entra in giuoco che negli stessi casi che quella delle macchine stesse (quando può anche essere superflua), mentre non interviene negli altri casi in cui, forse per la diversa natura della scarica, la macchina non è capace di per sè a opporre sufficiente difesa. Deve essere quindi semplicemente naturale ricorrere per questo scopo anche e principalmente agli altri fenomeni che conosciamo e specialmente a quello della Pelle (*Skin-Effect*) noto ben prima che venisse la teoria delle correnti oscillanti, per osservazioni più volgari ma più dirette, per esempio in caso di fulminazioni di edifici, nei quali si è molte volte osservato che la scarica, dopo seguito per un buon tratto un conduttore, ne lo abbandona alla prima discontinuità notevole, specialmente se discontinuità di sezione o meglio di superficie esterna. Perchè dunque non ce ne varremo allo scopo nostro e con esso non dovremmo tirare in giuoco la resistenza di magnetizzazione che oppongono i corpi

magnetici a essere attraversati da corrente oscillante? E perchè insieme non ci varremo delle azioni mutue fra linee di forze elettriche e linee di forze magnetiche?

Anche per queste la pratica dimostra qualche cosa, perchè il fatto al quale ho accennato, che le scariche che abbandonano i fili entro le macchine seguono percorsi e vincono resistenze ohmiche notevolmente superiori a quelli dello spazio esplosivo dei parafulmini ordinari, è certamente dovuto in tutto od in parte a queste azioni mutue; se l'interpretazione diretta ne è difficile la teoria ci viene in aiuto e la legge di Ampère ci suggerisce come il fenomeno può avvenire.

Ecco quindi una giustificazione teorica del dispositivo adottato. Del resto, più importanti di ogni discussione sono i risultati ottenuti nella pratica diretta ai quali accenno subito. Voglio soltanto notare ancora come seguendo questo ordine di idee che mi ha guidato, non solo otteniamo una sicurezza notevolmente maggiore e forse assoluta che tutta l'elettricità atmosferica verrà scaricata prima di arrivare alle macchine, ma otteniamo ancora quest'altro risultato non meno importante:

Nei parafulmini in *derivazione* (nella quale categoria sono compresi tutti quelli fin qui in uso) una maggior sensibilità non si può ottenere che diminuendo sempre più lo spazio esplosivo; ma questo non si può fare oltre un certo limite, al quale ritengo siamo abbastanza prossimi, senza il pericolo che gli apparecchi scarichino, anche quando non vi sono fulmini, con disturbi non indifferenti per il servizio.

Qui invece, partendo dal concetto di ostruire la linea principale, potremo, quanto più riusciamo in questo intento, aumentare sempre più questo spazio esplosivo con molta maggior sicurezza per la continuità dell'esercizio.

Fino a quale limite potremo arrivare non ho pretesa di affermare *a priori*, però dalle prove che qui riferisco si vede pure come questo effetto siasi ottenuto in modo notevole. Ragioni elementari di riguardo per gli impianti sui quali sperimentavo mi impedivano di esagerare troppo in questo senso per non correre il pericolo di compromettere la sicurezza degli impianti stessi che si erano dimostrati estremamente in pericolo.

Ed eccomi senz'altro agli esperimenti in questione:

Fra gli impianti eseguiti nel 1900 dall'A. E. G. di Genova sono notevoli, per certe condizioni caratteristiche, due trasporti di forza a corrente trifase per azionare motori nelle cave marmifere delle Alpi Apuane per la segatura dei grandi blocchi direttamente dal monte.

Questi due impianti sono del tutto simili per qualità e tipo di mac-

chine, per forza e per tensione, per sviluppo di linee e per le condi zioni orografiche della regione attraversata.

Le condutture si svolgono per valloni e per creste di monti per la massima parte su terreno marmifero dove il suolo è tutto e perfettamente isolante e dove i fenomeni di elettrizzazione sono molto evidenti e notissimi a quanti praticano quei monti per vari effetti specialmente fisiologici, talora intensissimi. Per esempio, tutti i cavatori di marmo sanno benissimo che, toccando uno dei tanti tubi d'acqua che si incontrano appoggiati sui detriti marmiferi, si possono risentire scosse fortissime anche in casi in cui non si notano altrimenti segni di perturbazioni temporalesche. Anche i tirafili che montarono le linee notarono il fatto già a loro noto, ma che qui si presentava con una gravità tutta speciale.

Io poi ho potuto inoltre notare che questi movimenti elettrici si mantengono quasi di continuo, perchè, malgrado ripetuti tentativi sempre nelle migliori condizioni, non mi riuscì mai di fare una misura di resistenza o di isolamento delle linee con un ponte di Wheatstone o con una bussola galvanometrica, senza che l'ago ne risentisse vivamente.

I trasporti di forza a loro volta, fin dal loro primo avviamento, dimostrarono in quali difficili condizioni si trovavano sotto questo aspetto; e infatti, malgrado le maggiori precauzioni usate dai clienti che non si facevano illusioni al riguardo e fermavano ad ogni accenno di temporale, il primo impianto messo in marcia alla fine d'ottobre 1900, alla metà del maggio 1901 aveva avuto per la quarta volta fulminato l'alternatore, quantunque nel corso di questi sette mesi almeno due mesi fosse rimasto fermo durante il maggior freddo dell'inverno e per dar tempo ogni volta alle riparazioni.

Fu appunto in queste circostanze, la cui gravità ci aveva trovati impreparati, e i cui effetti erano tanto notevoli e caratteristici, che fui condotto a studiare il dispositivo descritto.

I primi tre apparecchi furono applicati subito sullo stesso impianto appena compiuta la quarta riparazione e vi si trovano ancora al presente. Da quel giorno ad oggi questa installazione non ebbe più a subire il più piccolo danno dall'elettricità atmosferica, quantunque in questo periodo di tempo si siano succeduti la maggior parte dei temporali, alcuni dei quali con scariche violente che lasciarono traccie profonde del loro passaggio sull'apparecchio, ma che non arrivarono più a interessare l'alternatore.

Veramente tutte le fulminazioni ripetutesi in precedenza si erano verificate in condizioni di atmosfera relativamente calma, anzi alcune

a cielo perfettamente sereno, perchè allora in casi di temporali l'impianto veniva staccato. Il nuovo sistema invece si dimostrò efficace tanto in un caso che nell'altro.

Il lungo periodo di prova, le condizioni difficili del posto e i fenomeni osservati durante il funzionamento e dal cliente e una volta anche da un mio collega che si trovava sul posto mentre, durante un temporale, l'impianto continuava a marciare regolarmente e i barili scaricavano in modo continuato, sarebbero già una prova molto interessante del valore difensivo del nuovo sistema.

Ma vi ha qualche cosa di più saliente ancora, cioè due termini di confronto così caratteristici che completano degnamente la serie di esperienze.

Il primo e più importante è questo: I parafulmini che preesistevano, tipo S. H., furono naturalmente lasciati all'entrata dei fili nella centrale; i nuovi scaricatori furono montati nell'interno della centrale stessa e quindi dopo i precedenti per chi segue il percorso della linea dall'esterno all'interno. L'impianto essendo a 2550 volt, i corni Siemens erano stati montati originariamente a 5 mm. di distanza, ma ad ogni fulminazione dell'alternatore allo scopo di aumentare la sensibilità, venivano un po' avvicinati e si arrivò a mm. 2,5, alla quale distanza furono poi sempre conservati.

Ebbene, il fatto notevole è questo: mentre i nuovi parafulmini regolati subito con uno strato d'aria di 5 mm. funzionarono replicatamente e in qualche caso violentemente, i parafulmini S. H. non hanno più dato segno di funzionamento come fu constatato di presenza in varie occasioni e come ne fanno fede negli uni e negli altri lo stato fisico delle superfici che comprendono lo spazio esplosivo.

Questo fatto ha un'importanza specialissima perchè non è soltanto indice di una maggiore sensibilità, ma perchè conferma una delle caratteristiche più notevoli previste.

Infatti, se l'insieme del mio apparecchio costituisse soltanto una barriera al propagarsi dell'elettricità atmosferica, sarebbe del tutto naturale che questa si scaricasse in un punto qualunque avanti di essa dove la resistenza ohmica è più piccola, allo stesso modo che una paratoia in un canale ha per effetto di far defluire l'acqua in quel punto antecedente dove le sponde sono più basse; ma il fatto che la scarica avvenga proprio su questi nuovi apparecchi prova una cosa di più, che cioè realmente entrano in giuoco le azioni mutue dei campi magnetici ed elettrici, mercè i quali la scarica attraversa facilmente spazi d'aria molto maggiori, proprio come si verifica nelle macchine che vengono fulminate. Pare quindi assicurato che, mentre possiamo

aumentare il grado di sicurezza della protezione, possiamo contemporaneamente aumentare lo spazio esplosivo del parafulmine, e questo vantaggio è praticamente poco inferiore al primo.

L'altro termine di confronto notevole è questo: mentre questo impianto, fulminato già quattro volte in circa cinque mesi, dopo l'applicazione dei nuovi scaricatori non ebbe più a subire alcun danno dalle scariche esterne, l'impianto vicino in quest'ultimo periodo di tempo ebbe tre volte fulminate le macchine e una volta uno strumento del quadro, e questo secondo impianto con una linea di appena 4, o 5 km. di sviluppo è protetto da 27 parafulmini fra i quali si trovano rappresentati tutti i tipi più favorevolmente conosciuti (S. H., A. E. G., a disco per alta tensione e Wurtz) allo scopo di tirar profitto dei particolari vantaggi di ogni sistema. Questi gli esperimenti di Carrara che veramente non lasciano nulla a desiderare per le condizioni tipiche in cui si sono svolti.

Più tardi, verso l'autunno, gli stessi apparecchi furono applicati pure su altro impianto, quello di Bedonia, a corrente alternata monofase, per servizio di illuminazione pubblica e privata. Poichè al momento dell'applicazione di questi la stagione era già un po' avanzata, temevo non poter raccogliere per ora dati importanti sul loro funzionamento, tuttavia, siccome non potevo presentarmi a voi senza farvi una Relazione completa su tutti gli apparecchi che ho in esercizio, ne richiesi informazioni e queste concordano perfettamente con i risultati di Carrara.

Infatti questi clienti mi comunicano che, applicato in centrale questo tipo, dopo quelli Siemens e Thury che preesistevano (ma che non erano bastati a salvare l'impianto in ripetute altre occasioni), valse finora a proteggerlo completamente.

In occasione di un lungo temporale, il 18 dicembre ultimo scorso, l'impianto continuò a marciare regolarmente e furono visti a funzionare tanto i nuovi che gli antichi parafulmini. Anche qui è notevole il fatto che i miei apparecchi sono montati dopo gli altri e con spazio esplosivo circa il doppio degli altri. I clienti mi dichiarano che riconoscono dovere al nuovo sistema la protezione avuta perchè nello stesso periodo di tempo nell'anno precedente, in circa 3 mesi e in condizioni atmosferiche meno agitate, l'impianto era stato fulminato tre volte.

L'anno scorso non ho dato maggior estensione al mio ritrovato in causa specialmente delle pratiche in corso per i brevetti esteri che mi premeva non compromettere; tuttavia i risultati ottenuti in condizioni così caratteristiche non lasciano più dubbio in riguardo alla protezione.

Soltanto resta a determinarsi fino a quali limiti si possa con sicurezza aumentare la distanza esplosiva; ad ogni modo questo non è il più importante per ora e non mancherà mezzo di farlo quest'anno in cui posso fare liberamente commercio dei miei apparecchi e ho già ricevute ordinazioni, fra le altre, dalle nostre maggiori imprese elettrotecniche, quali la spettabile Società Elettrochimica di Pont-S. Martin, la Società Lombarda di distribuzione di energia elettrica (impianto di Vizzola), la Società di elettricità Alta Italia di Torino, la Società Edison di Milano (impianto di Paderno), le Cartiere Meridionali di Isola Liri Superiore (per un grandioso trasporto di forza dell'A. E. G. in corso di esecuzione), ecc.

Le considerazioni ed i fatti premessi dànno motivo di ritenere fin d'ora che lo spazio esplosivo si potrà aumentare tanto da rendere forse non necessario un apposito dispositivo per la rottura dell'arco; ad ogni modo fino a prove dirette in questo senso non intendo arrischiare ipotesi e consiglio l'adozione sulla linea di terra di una resistenza ohmica notevole e, in caso di alti voltaggi e di grandissime potenze, magari di un vero parafulmine di uno qualunque dei tipi fin qui in uso.

Eccovi esposto senza pretesa quanto si riferisce al mio ritrovato; io ho cercato di distinguere bene quanto è fatti da quanto è apprezzamenti, perchè questi rappresentano un modo di vedere il fenomeno e sono quindi perfettamente discutibili, mentre quelli non possono essere menomati o sempre più confermati che da esperimenti pratici ripetuti nelle stesse condizioni naturali dalle quali l'apparecchio è sòrto e per le quali ripete la sua ragione d'essere.

Io confido che con questo uno dei maggiori guai dei trasporti di forza a distanza possa dirsi vinto forse completamente, del che si gioveranno certo tutti gli impianti, ma quelli specialmente per i quali la continuità dell'esercizio assicurata è la condizione più importante per la natura delle funzioni che ad essi si collegano; fra questi tutti quelli che provvedono a servizi pubblici in generale e al servizio ferroviario in modo speciale.

Così il mio ritrovato, che in sè stesso è ben poca cosa, e che è dovuto assai più che a merito mio alle circostanze caratteristiche in cui mi sono trovato, potrà rendere, io spero, buoni servizi all'industria dei trasporti di energia a distanza, che è tanta parte del nostro risorgimento economico.

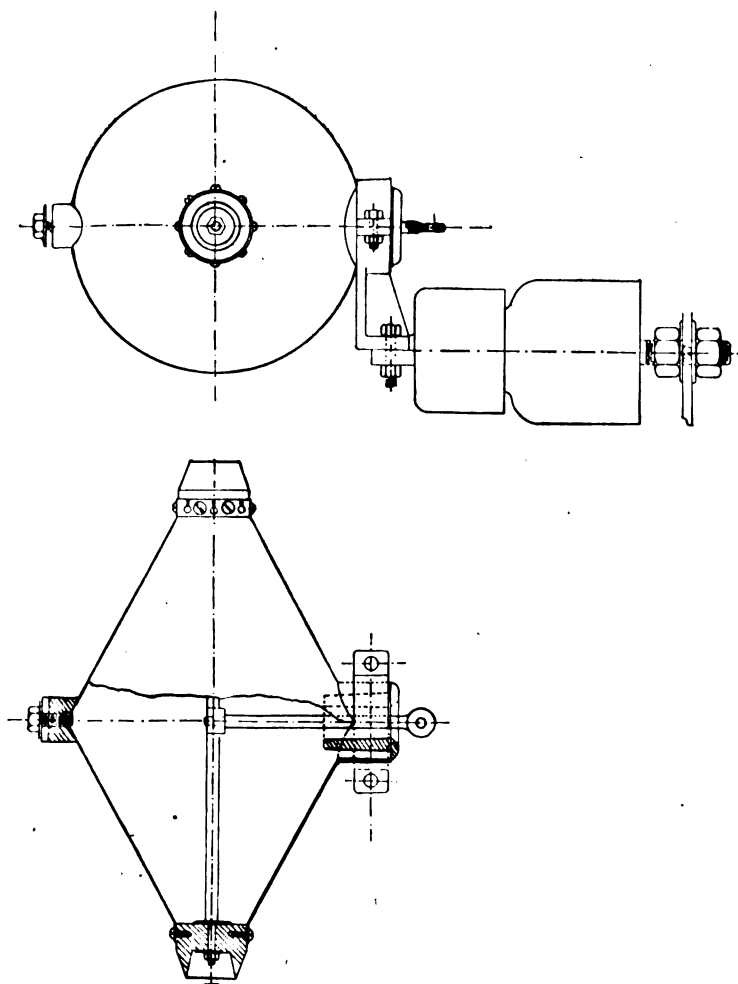
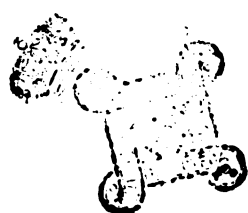
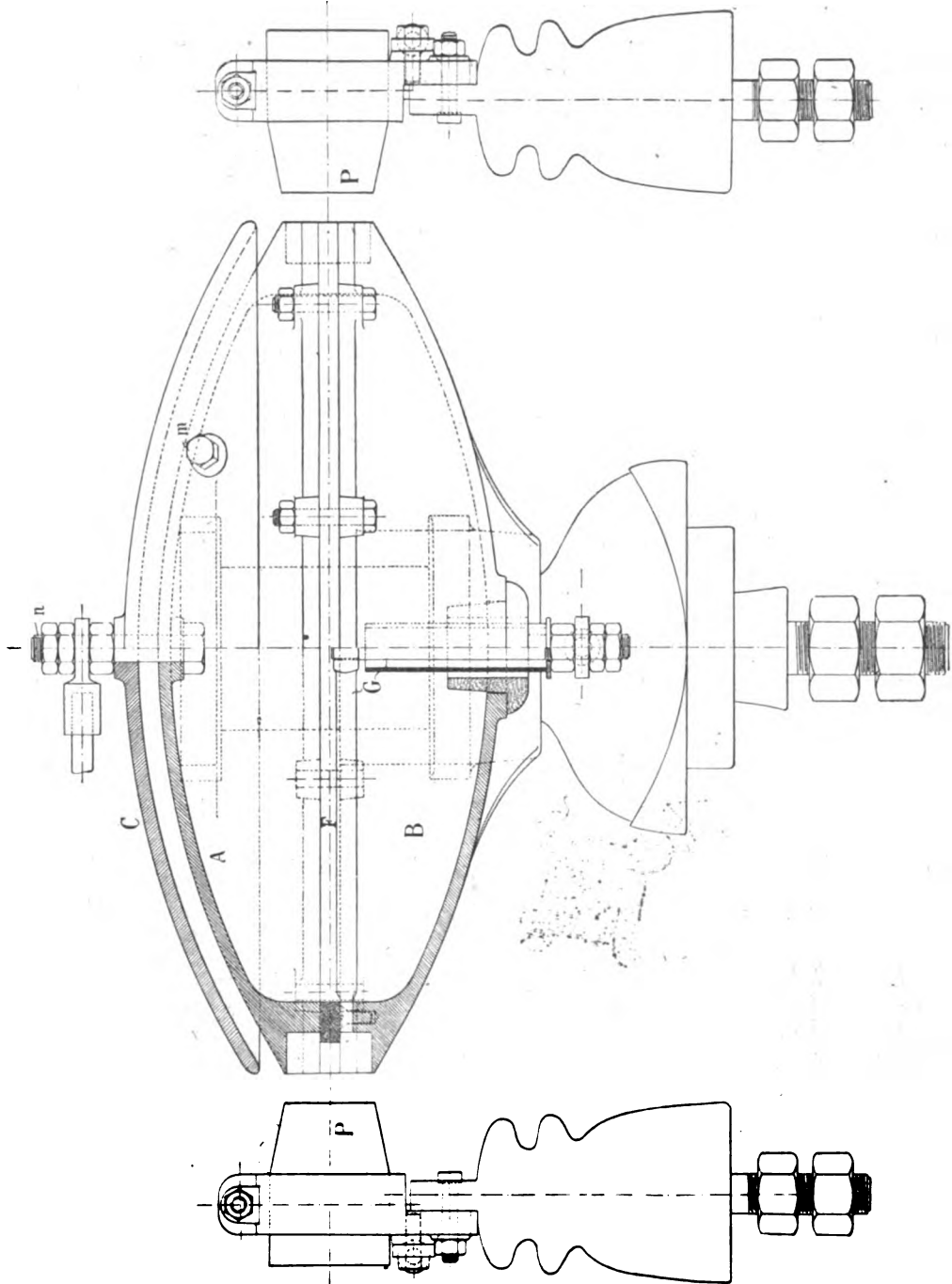
SCARICAFULMINI ING. GOLA

PRIMA FORMA.

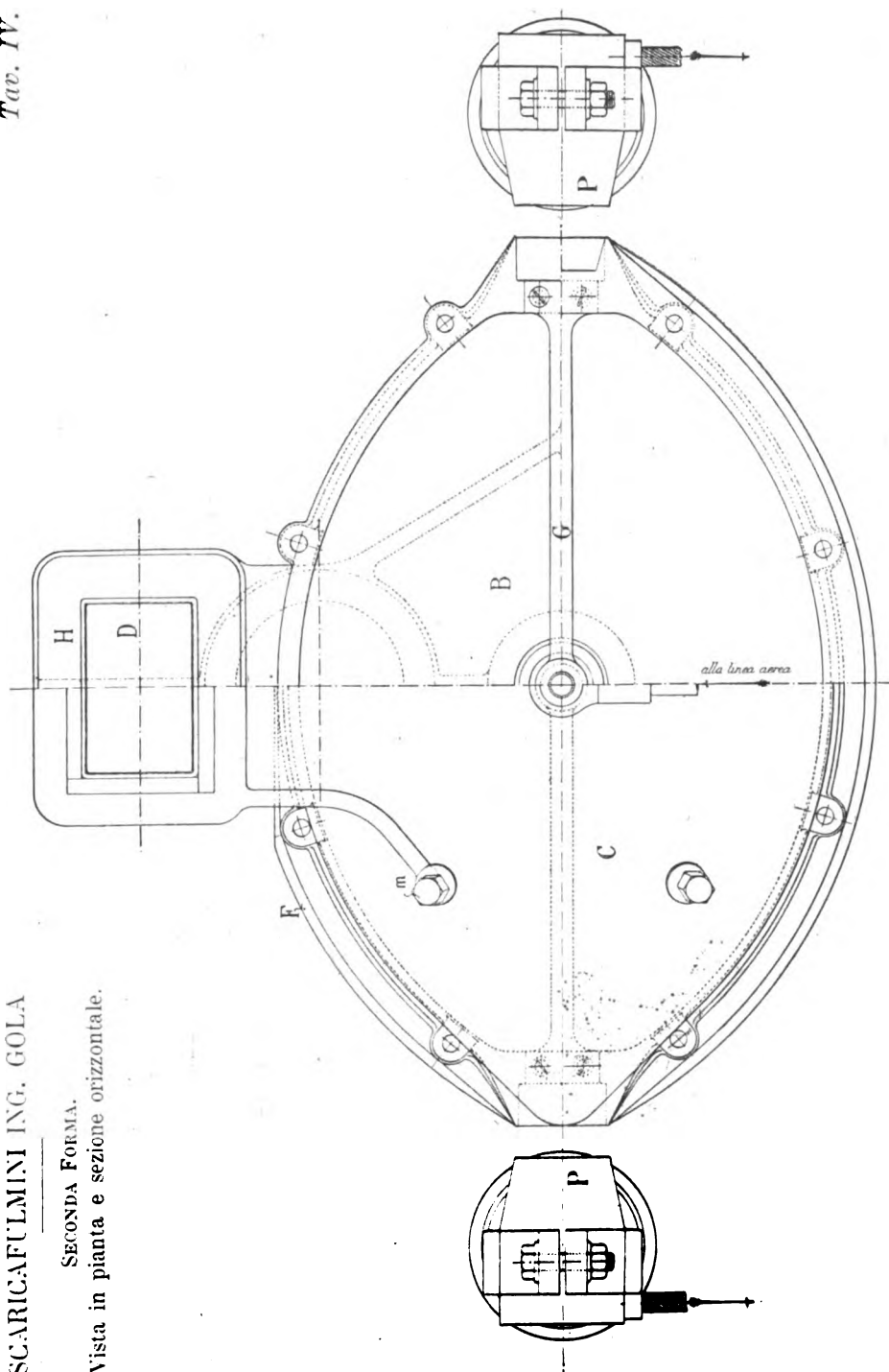
SCARICAFULMINI ING. GOLA

SECONDA FORMA.
Sezione trasversale e vista di fianco.

SCARICAFULMINI ING. GOLA

Tav. III.

Seconda Forma.
Sezione longitudinale e vista di fronte.

SCARICAFULMINI ING. GOLA

SECONDA FORMA.

Vista in pianta e sezione orizzontale.

NOTA.

A quanto sopra, esposto nella conferenza di Milano all'*Associazione Elettrotecnica Italiana*, credo interessante far seguire il modo di apprezzare il fenomeno di uno degli Elettrotecnici più competenti in materia, il signor ing. Rubini, Direttore della Società Italiana Siemens.

Egli ritiene che in molti casi un parafulmine scarichi o non a seconda che su di esso capita un ventre o un nodo dell'onda elettrica prodotta da una scarica atmosferica.

Le macchine elettriche invece si trovano sempre molto esposte alle fulminazioni perchè la loro presenza su un circuito ha per effetto di modificare il passo dell'onda in modo da portare su di sè in ogni caso un ventre. Per il fatto che questo scaricatore in *serie* costituisce una discontinuità notevolissima rispetto alla linea sulla quale è inserito, è probabile che esso, indipendentemente dalle proprietà illustrate nella mia Relazione, abbia un effetto analogo a quello delle macchine.

Pare anche a me che la spiegazione abbia molta probabilità di colpire nel giusto, tanto più che, così essendo le cose, sarebbe anche meglio giustificato il fatto che gli esperimenti artificiali riuscirono inconcludenti, perchè, oltre alla differente natura delle scariche, probabilmente interviene anche il fatto che in un brevissimo circuito l'onda elettrica non possa subire tale modificazione dalla presenza di questo apparecchio da portare su di esso un ventre.

Sono grato del contributo dell'altrui esperienza che potrebbe giovare in seguito a migliorare i dettagli dell'apparecchio, sempre quando l'esperienza diretta su impianti industriali sanzioni le previsioni che si credessero di poter fare.

N. 4.

ENERGIA RICUPERATA
NELLE
LINEE DI TRASMISSIONE DI ENERGIA ELETTRICA PER MEZZO DEI CONDENSATORI

NOTA

dell'Ingegnere Antonio Tessari

(Lettura fatta alla Sezione di Torino nell'Assemblea del 11 febbraio 1902)

(Con 8 figure).

La costruzione dei condensatori ad alta tensione per uso industriale, dopo il metodo ideato dall'illustre prof. L. Lombardi sulla preparazione delle lamine isolanti, e dopo lunghi studi ed esperimenti, con intelligenza e costanza compiuti dalla Ditta Ing. V. Tedeschi e C[i] di Torino (Concessionaria del Brevetto Lombardi), ha raggiunto una perfezione veramente non sperata, dando così ai condensatori caratteri di solidità e di praticità tali, da poterli uguagliare a quelli delle macchine ed apparecchi che si trovano nelle ordinarie Officine elettriche.

Tralasciando per ora la descrizione dei metodi di fabbricazione, mi limiterò ad esporre alcune formole pratiche, dalle quali si possa avere direttamente il valore dell'energia ricuperata nelle linee di trasmissione, mediante l'inserzione di condensatori nelle centrali elettriche; rimandando ad altra occasione la descrizione della loro costruzione e dei risultati pratici sin qui ottenuti.

Le formole sono basate sul fatto noto che, mediante condensatori messi in derivazione con circuiti percorsi da corrente alternata, si possano ottenere correnti risultanti aventi un'ampiezza minore di quella che percorre i circuiti, diminuendo in tal modo la dissipazione di energia per l'effetto di Joule nelle linee che li alimentano.

Corrente alternata semplice.

Rappresenti A B (fig. 1) il circuito degli apparecchi di utilizzazione alla stazione ricevitrice a cui fanno capo i fili di linea *m*, *n*.

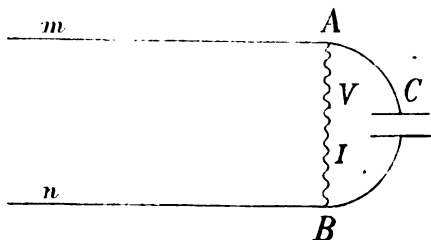
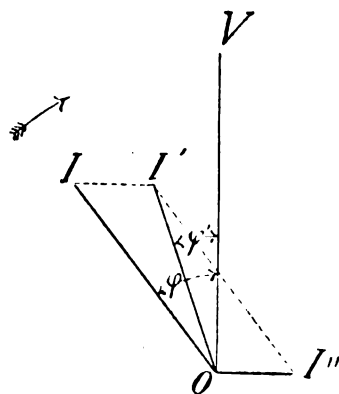



Fig. 1. Fig. 2.

Sieno O V ed O I (fig. 2) i vettori rotanti che rappresentano rispettivamente la differenza di potenziale fra A B e la corrente, supposta sinussoidale ed in ritardo di fase di un angolo ϕ rispetto al primo, nel circuito A B.

Suppongasi inserito fra A B un condensatore di capacità C e rappresenti O I'' la corrente, in anticipo di fase di $\frac{\pi}{2}$ rispetto a O V, assorbita dal condensatore, nel quale si suppone, per ora, non venga dissipata energia per effetto dell'isteresi elettrostatica e dell'isolamento non assolutamente perfetto.

La risultante O I', di O I e O I'', rappresenta la nuova corrente di linea, in ritardo di un angolo ϕ' rispetto ad O V.

Dalla figura si ricava:

$$O\,I'' = O\,I \operatorname{sen} \phi - O\,I \cos \phi \operatorname{tang} \phi',$$

relazione che sussiste pure per i valori efficaci I, I'' delle correnti rappresentate dai vettori O I, O I'', quindi:

$$I'' = I \operatorname{sen} \phi - I \cos \phi \operatorname{tang} \phi' \qquad (1)$$

da cui:

$$\cos \phi' = \frac{\cos \phi}{\sqrt{1 + \left(\frac{I''}{I} - 2 \operatorname{sen} \phi\right) \frac{I''}{I}}} \qquad (2)$$

Essendo poi per una formola nota:

$$I'' = 2 \pi n C V 10^{-6} \quad (3)$$

sarà facile per mezzo della (2) calcolare il nuovo valore del cos ϕ, della corrente di linea, che risulta dall'inserzione di un condensatore di capacità C.

Sia ora 2 R la resistenza della linea; la dissipazione di energia per l'effetto di Joule prima dell'inserzione del condensatore è $2 R I^2$, dopo l'inserzione del condensatore diventa $2 R I'^2$. L'energia economizzata ε' sarà:

$$\varepsilon' = 2 R I^2 - 2 R I'^2;$$

e poichè se nel circuito A B si utilizza sempre la stessa energia

$$I \cos \phi = I' \cos \phi',$$

si deduce:

$$\varepsilon' = 2 R I^2 \left(1 - \frac{\cos^2 \phi}{\cos^2 \phi'}\right),$$

e per la (2):

$$\varepsilon' = 2 R I'' (2 I \operatorname{sen} \phi - I''). \quad (4)$$

Noto quindi, da misure direttamente fatte all'officina ricevitrice: 1° l'intensità di corrente nei fili della linea; 2° la tensione fra i fili della linea; 3° il ritardo di fase della corrente rispetto alla tensione; 4° la frequenza; si potrà calcolare mediante la (3) e la (4) l'energia economizzata, ovvero l'energia che si può ricuperare se alla generatrice si produce sempre la stessa energia, coll'inserzione di un condensatore di capacità C.

Esprimendo ε' in funzione dell'energia W utilizzata nel circuito A B:

$$\varepsilon' = 2 R I'' \left(2 \frac{W}{V} \operatorname{tang} \phi - I''\right).$$

La perdita di energia sulla linea è minima quando $\phi' = 0$, ossia per la (1) quando

$$I'' = I \operatorname{sen} \phi.$$

Sostituendo questo valore di I'' nella (4) e nella (3) ed indicando con ε'_m il valore che ne risulta:

$$\varepsilon'_m = 2 R (I \operatorname{sen} \phi)^2,$$

$$C = \frac{10^6 I \operatorname{sen} \phi}{2 \pi n V}.$$

La prima dà il massimo valore dell'energia che si può ricuperare sulla linea, e la seconda la capacità corrispondente che si deve inserire fra i fili della linea.

Esprimendo ε'_M e C in funzione di V e W:

$$\varepsilon'_M = 2 R \left(\frac{W}{V} \operatorname{tang} \phi \right)^2 ,$$

$$C = \frac{10^6 W}{2 \pi n V^2} \operatorname{tang} \phi .$$

Nelle formole scritte si è supposto che nel condensatore non venga dissipata energia per effetto dell'isteresi elettrostatica e dell'imperfetto isolamento; nel caso pratico occorrerà invece tenerne conto.

Questa dissipazione di energia venne misurata dal prof. Lombardi in uno dei primi condensatori ád alta tensione, costrutto dalla Ditta Ing. V. Tedeschi e C., e trovata uguale a 0,012 dell'energia apparente assorbita dal condensatore. L'energia dissipata si può quindi scrivere:

$$\varepsilon_1 = \alpha V I'',$$

in cui $\alpha = 0{,}012$.

L'espressione dell'energia economizzata per una determinata capacità C diventa allora, indicandola con ε:

$$\varepsilon = I'' [(2 I \operatorname{sen} \phi - I'') 2 R - \alpha V] ,$$

ovvero:

$$\varepsilon = I'' \left[\left(2 \frac{W}{V} \operatorname{tang} \phi - I'' \right) 2 R - \alpha V \right] .$$

E quella per il massimo dell'energia economizzabile:

$$\varepsilon_M = (2 R I \operatorname{sen} \phi - \alpha V) I \operatorname{sen} \phi ,$$

od anche:

$$\varepsilon_M = \left(2 R \frac{W}{V^2} \operatorname{tang} \phi - \alpha \right) W \operatorname{tang} \phi .$$

Le quattro ultime formole scritte sono quelle che servono per l'uso pratico, qualora si voglia tenere conto dell'energia dissipata nel condensatore.

Corrente trifase.

Rappresenti A B C (fig. 3) il circuito trifase degli apparecchi di utilizzazione, montati per esempio a triangolo, alla ricevitrice.

Sieno $O V_1$, $O V_2$, $O V_3$ (fig. 4) i vettori che rappresentano le tensioni fra i vertici ed $O J_1$, $O J_2$, $O J_3$ i vettori che rappresentano le correnti nei lati, rispettivamente in ritardo di un angolo φ coi primi.

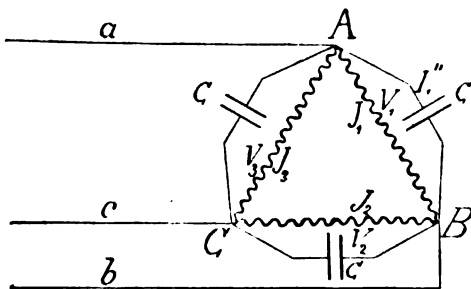
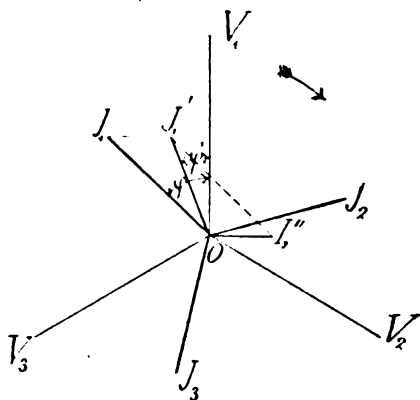



Fig. 3. Fig. 4.

Suppongansi ora inseriti fra i vertici A B C tre condensatori di capacità C, ovvero un solo condensatore trifase di capacità 3 C, e rappresenti, per esempio, $O I''_1$ la corrente in anticipo di fase di $\frac{\pi}{2}$ rispetto ad $O V_1$, assorbita dal condensatore inserito fra A B.

La corrente risultante $O J'_1$ di $O I''_1$ e $O J_1$ avrà un ritardo φ' rispetto ad $O V_1$.

Si ha dalla figura:

$$O I''_1 = O J_1 \operatorname{sen} \varphi - O J_1 \cos \varphi \operatorname{tang} \varphi';$$

analoghe relazioni si ottengono per gli altri due lati, ed in generale, sostituendo i valori efficaci:

$$I'' = J \operatorname{sen} \varphi - J \cos \varphi \operatorname{tang} \varphi'.$$

Indicando con I il valore efficace della corrente nei fili della linea, poichè $J = \frac{I}{\sqrt{3}}$, risulta:

$$I'' = \frac{I}{\sqrt{3}} \operatorname{sen} \varphi - \frac{I}{\sqrt{3}} \cos \varphi \operatorname{tang} \varphi', \qquad (6)$$

da cui:

$$\cos \varphi' = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + \left(\frac{I''}{I}\sqrt{3} - 2 \operatorname{sen} \varphi\right) \frac{I''}{I}\sqrt{3}}}.$$

Se nel circuito A B C si utilizza sempre la stessa energia:

$$J' \cos \varphi' = J \cos \varphi ,$$

e quindi:

$$I' \cos \varphi' = I \cos \varphi ,$$

ove I' indica la corrente nei fili di linea dopo l'inserzione del condensatore.

Indicando con R la resistenza di uno dei fili della linea, nel modo identico a quello del caso precedente, si deduce l'espressione dell'energia economizzata ε' nel sistema a triangolo:

$$\varepsilon' = 3 \, R \, I'' \sqrt{3} \, (2 \, I \operatorname{sen} \varphi - I'' \sqrt{3}) , \qquad (7)$$

od anche in funzione dell'energia W utilizzata nel circuito A B C:

$$\varepsilon' = 3 \, R \, I'' \left(2 \frac{W}{V} \operatorname{tang} \varphi - 3 \, I''\right) . \qquad (8)$$

L'espressione della massima energia che si possa ricuperare sulla linea, si ha come precedentemente per $\varphi' = 0$, da cui per la (6):

$$I'' = \frac{I}{\sqrt{3}} \operatorname{sen} \varphi .$$

Sostituendo questo valore di I'' nella (7), si ha:

$$\varepsilon'_M = 3 \, R \, (I \operatorname{sen} \varphi)^2 , \qquad (9)$$

la capacità corrispondente che deve avere ciascun condensatore è:

$$C = \frac{10^6 \, I \operatorname{sen} \varphi}{2 \pi n V \sqrt{3}} .$$

Esprimendo ε e C in tensione di V e W:

$$\varepsilon'_M = R \left(\frac{W}{V} \operatorname{tang} \varphi \right)^2 , \qquad (10)$$

$$C = \frac{10^6 \, W}{3 \times 2 \pi n V^2} \operatorname{tang} \varphi . \qquad (11)$$

Tenendo conto anche in questo caso dell'energia dissipata nei condensatori, essendo questa:

$$\varepsilon_1 = 3\,\alpha\,V\,I'',$$

le formole (7), (8), (9), (10) diventano rispettivamente:

$$\varepsilon = 3\,I''\left[(2\,I\,\mathrm{sen}\,\phi - I''\sqrt{3})\,R\sqrt{3} - \alpha\,V\right],$$

$$\varepsilon = 3\,I''\left[\left(2\,\frac{W}{V}\,\mathrm{tang}\,\phi - 3\,I''\right)R - \alpha\,V\right],$$

$$\varepsilon_M = \left(R\,I\sqrt{3}\,\mathrm{sen}\,\phi - \alpha\,V\right)I\sqrt{3}\,\mathrm{sen}\,\phi\,,$$

$$\varepsilon_M = \left(R\,\frac{W}{V^2}\,\mathrm{tang}\,\phi - \alpha\right)W\,\mathrm{tang}\,\phi\,.$$

Nel sistema a stella, se si suppongono i condensatori inseriti fra gli estremi, si perviene alle stesse formole del sistema a triangolo.

Suppongasi invece che i tre condensatori di capacità C sieno inseriti fra il centro e gli estremi di un sistema a stella, rappresentato in A B C (fig. 5).

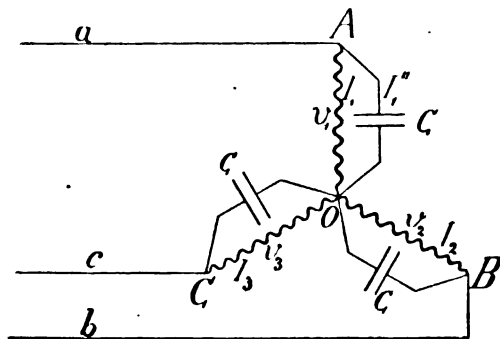
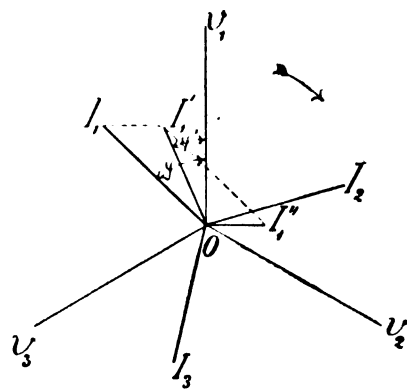



Fig. 5. Fig. 6.

Rappresentino $O\,v_1$, $O\,v_2$, $O\,v_3$ le tensioni fra il centro e gli estremi della stella, $O\,I_1$, $O\,I_2$, $O\,I_3$ le correnti nei tre rami. Sia, per esempio, $O\,I''_1$ la corrente in anticipo di fase di $\frac{\pi}{2}$ rispetto ad $O\,v_1$ assorbita dal condensatore inserito fra O, A. La risultante $O\,I'_1$ di $O\,I_1$ e $O\,I''_1$ rappresenta la corrente nel filo di linea *a* quando è inserito il condensatore.

Si ha:

$$O\,I''_1 = O\,I_1 \operatorname{sen}\varphi - O\,I_1 \cos\varphi \operatorname{tang}\varphi'.$$

Indicando ancora con I, I″ i valori efficaci delle correnti rispettivamente rappresentate dai vettori O I, O I″, si ha in generale:

$$I'' = I \operatorname{sen}\varphi - I \cos\varphi \operatorname{tang}\varphi',$$

da cui:

$$\cos\varphi' = \frac{\cos\varphi}{\sqrt{1 + \left(\frac{I''}{I} - 2\operatorname{sen}\varphi\right)\frac{I''}{I}}}.$$

In modo identico a quello dei casi precedenti si deducono le formole per il ricupero di energia:

$$\varepsilon' = 3\,R\,I''\,(2\,I \operatorname{sen}\varphi - I''), \tag{12}$$

ovvero:

$$\varepsilon' = 3\,R\,I''\left(2\,\frac{W}{V\sqrt{3}} \operatorname{tang}\varphi - I''\right), \tag{13}$$

in cui:

$$I'' = 2\,\pi\,n\,C\,\frac{V}{\sqrt{3}}\,10^{-6}.$$

Il massimo ε_M dell'energia ricuperata si ha quando:

$$I'' = I \operatorname{sen}\varphi,$$

ed allora:

$$\varepsilon'_M = 3\,R\,(I \operatorname{sen}\varphi)^2, \tag{14}$$

la capacità corrispondente di ciascun condensatore è:

$$C = \frac{10^6\,I\,\sqrt{3}\operatorname{sen}\varphi}{2\,\pi\,n\,V}.$$

Esprimendo ε, C in funzione di W:

$$\varepsilon'_M = R\left(\frac{W}{V} \operatorname{tang}\varphi\right)^2, \tag{15}$$

$$C = \frac{10^6\,W}{2\,\pi\,n\,V^2} \operatorname{tang}\varphi. \tag{16}$$

Paragonando la (16) colla (11) si scorge che nel sistema a stella per ridurre in fase la corrente, mediante tre condensatori inseriti fra il centro e gli estremi della stella, occorre dare a questi una capacità

tripla di quella richiesta per tre condensatori inseriti fra gli estremi della stella, per contro la tensione a cui essi debbono resistere è solo $\frac{V}{\sqrt{3}}$, mentre nel secondo caso è V.

Tenendo conto dell'energia dissipata nei tre condensatori, che in questo caso è:

$$\varepsilon_1 = \alpha V I'' \sqrt{3},$$

le formole (12), (13), (14), (15) diventano rispettivamente:

$$\varepsilon = I'' \sqrt{3} \left[(2 I \operatorname{sen} \varphi - I'') R \sqrt{3} - \alpha V\right],$$

$$\varepsilon = I'' \sqrt{3} \left[\left(2 \frac{W}{V} \operatorname{tang} \varphi - I'' \sqrt{3}\right) R - \alpha V\right],$$

$$\varepsilon_M = (R I \sqrt{3} \operatorname{sen} \varphi - \alpha V) I \sqrt{3} \operatorname{sen} \varphi,$$

$$\varepsilon_M = \left(R \frac{W}{V^2} \operatorname{tang} \varphi - \alpha\right) W \operatorname{tang} \varphi.$$

La seguente tabella renderà più spedita l'applicazione delle formole scritte:

φ	$\cos \varphi$	$\cos^2 \varphi$	$\operatorname{sen} \varphi$	$\operatorname{sen}^2 \varphi$	$\operatorname{tang} \varphi$	$\operatorname{tang}^2 \varphi$
18°-10′	0,95	0,9025	0,3122	0,0975	0,3287	0,1080
25°-50′	0,9	0,8100	0,4359	0,1900	0,4843	0,2346
31°-50′	0,85	0,7225	0,5268	0,2775	0,6197	0,3841
36°-50′	0,8	0,6400	0,6000	0,3600	0,7500	0,5625
41°-20′	0,75	0,5625	0,6614	0,4375	0,8819	0,7778
45°-30′	0,7	0,4900	0,7141	0,5100	1,0202	1,0408
49°-30′	0,65	0,4225	0,7599	0,5775	1,1691	1,3669
53°-10′	0,6	0,3600	0,8000	0,6400	1,3333	1,7778
56°-40′	0,55	0,3025	0,8352	0,6975	1,5185	2,3058
60°-00′	0,5	0,2500	0,8660	0,7500	1,7321	3,0000
63°-10′	0,45	0,2025	0,8930	0,7975	1,9845	3,9383

Può interessare di conoscere la legge con cui varia il valore dell'energia economizzata col variare della capacità inserita.

Suppongasi, per semplicità, che un condensatore abbia proprietà dielettriche perfette e sia messo in derivazione con un circuito percorso da corrente alternata semplice, fra gli estremi del quale si suppone si mantenga sempre la stessa differenza di potenziale. L'espressione dell'energia economizzata sulla linea che alimenta il circuito, quando è inserito il condensatore, è allora:

$$\varepsilon' = 2\,R\,I''\,(2\,I\,\mathrm{sen}\,\phi - I'')\,,$$

od anche:

$$\varepsilon' = (4\,R\,I\,\mathrm{sen}\,\phi)\,I'' - 2\,R\,I''^2. \qquad (17)$$

Essendo I'' ed ε' le variabili, l'equazione (17) è quella di una parabola.

Sieno $O\,I''$ ed $O\,\varepsilon'$ (fig. 7) due assi ortogonali, sul primo dei quali vengono portati i valori della intensità di corrente assorbita dal condensatore (la quale è proporzionale a C) e sul secondo i corrispondenti valori dell'energia economizzata ε'.

Per $C = O$; $I'' = O$; $\varepsilon' = O$. La curva ha quindi un punto comune coll'origine.

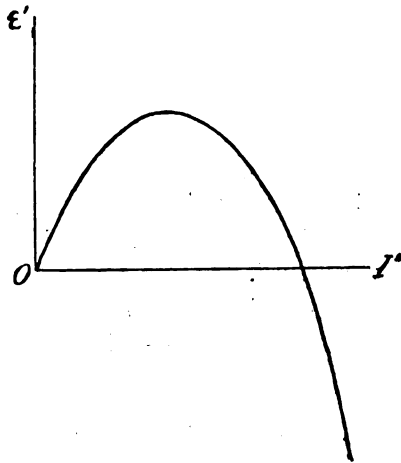



Fig. 7.

Per $I'' = I\,\mathrm{sen}\,\phi$ si ha un max. di ε', e precisamente quando la corrente di linea è in fase colla tensione.

Per $I'' = 2\,I\,\mathrm{sen}\,\phi$, $\varepsilon' = O$; per valori di I'' maggiori di $2\,I\,\mathrm{sen}\,\phi$, ε' ha valori crescenti negativi.

La curva presenta l'andamento indicato nella figura 7.

Suppongasi invece costante la capacità inserita e variabile il ritardo di fase della corrente rispetto alla tensione, ma costante il valore effi-

cace della corrente e della tensione nel circuito. L'energia economizzata sulla linea al variare di ϕ varia secondo una legge sinussoidale.

Se O ϕ (fig. 8) rappresenta l'asse delle ascisse su cui si portano i

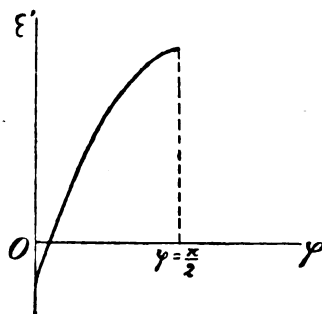



Fig. 8.

valori di ϕ ed O ε' l'asse delle ordinate, la curva che dà i valori di ε', per valori di ϕ compresi fra O e $\frac{\pi}{2}$, ha l'andamento indicato nella figura 8.

Come applicazione delle formole precedenti e per mettere meglio in evidenza l'ordine di grandezza dell'energia che si può ricuperare nelle linee coll'impiego dei condensatori, mi riferirò a qualche caso particolare di impianti eseguiti.

Trasporto di energia elettrica della Società Anonima Elettricità Alta Italia da Bussoleno a Torino. — Si ha per questo impianto a corrente trifase:

Energia disponibile attualmente alla Centrale di via Bologna a Torino, circa	880 kw.
Tensione alla Centrale di via Bologna . .	11.000 volt (1)
Frequenza della corrente	50
Lunghezza della linea	54 km.
Sezione di ciascuno dei tre fili componenti la linea	50 mm²
Resistenza corrispondente per ciascun filo .	17,6 ohm.

(1) Ora però la S. A. E. A. I. ha ultimati i lavori per portare la tensione della linea a 20.000 volt e fra breve essa funzionerà definitivamente a questa tensione.

Se si suppone di avere un cos $\phi = 0,8$, il massimo di energia che si può ricuperare sulla linea, quando cioè la corrente di linea è in fase colla tensione, essendo espresso da:

$$\varepsilon_M = \left(R \frac{W}{V^2} \tan \phi - \alpha \right) W \operatorname{tang} \phi,$$

sarà:

$$\varepsilon_M = \left(17,6 \frac{880.000}{11.000 \times 11.000} 0,75 - 0,012 \right) 880.000 \times 0,75,$$

ossia:

$$\varepsilon_M = 55.500 \text{ watt.}$$

La capacità corrispondente da inserirsi, essendo espressa da:

$$3\,C = 3 \frac{10^6\,W}{3 \times 2\,\pi\,n\,V^2} \operatorname{tang} \phi,$$

sarà:

$$3\,C = 3 \frac{10^6 \times 880.000 \times 0,75}{3 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 11.000 \times 11.000},$$

ossia:

$$3\,C = 17,4 \text{ microfarad.}$$

Se si suppone cos $\phi = 0,7$, l'energia che si può ricuperare sulla linea è 106 kw. e la capacità corrispondente è di circa 24 microfarad. Supponiamo ancora cos $\phi = 0,8$; se si inserisce tra i fili della linea la capacità di 1 microfarad,

$$C = \frac{1}{3},$$

ed

$$I'' = 2\,\pi\,n\,C\,V\,10^{-6},$$

per cui

$$I'' = 2 \times 3,14 \times 50 \times \frac{1}{3} \times 11.000 \times 10^{-6} = 1,15.$$

L'energia economizzata essendo poi espressa da:

$$\varepsilon = 3\,I'' \left[\left(2 \frac{W}{V} \operatorname{tang} \phi - 3\,I'' \right) R - \alpha V \right],$$

sarà

$$\varepsilon = 3 \times 1,15 \left[\left(2 \frac{880.000}{11.000} 0,75 - 3 \times 1,15 \right) 17,6 - 0,012 \times 11.000 \right],$$

ossia:

$$\varepsilon = 6600 \text{ watt.}$$

Essendo invece $\cos\phi = 0,7$, l'energia ricuperata con un solo microfarad è 9,75 kw.

Trasporto di energia elettrica a corrente trifase della Società Anonima Elettricità Alta Italia dalla Officina della Funghera (Valli di Lanzo) a Torino.

Energia attualmente disponibile alla Centrale di via Bologna, circa	1.750 kw.
Tensione alla Centrale di via Bologna . .	11.000 volt
Frequenza della corrente	50
Lunghezza della linea	37 km.
Numero dei fili componenti la linea . . .	6
Diametro di ciascun filo	6 mm.
Sezione complessiva dei due fili di linea formanti una fase.	100 mm²
Resistenza corrispondente	6,14 ohm.

Supponendo $\cos\phi = 0,8$, l'energia massima che si può ricuperare è:

$$\varepsilon_M = \left(6,14 \frac{1.750.000}{11.000 \times 11.000} 0,75 - 0,012\right) 1.750.000 \times 0,75\,,$$

ossia:

$$\varepsilon_M = 70.000\,.$$

La capacità corrispondente è:

$$3\,C = 3 \frac{10^6 \times 1.750.000 \times 0,75}{3 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 11.000 \times 11.000}$$

ossia:

$$3\,C = 34,5\,.$$

L'energia che si ricupera con un solo microfarad inserito, poichè

$$I'' = 1,15\,,$$

è:

$$\varepsilon = 3 \times 1,15 \left[\left(2 \frac{1.750.000}{11.000} 0,75 - 3 \times 1,15\right) 6,14 - 0,012 \times 11.000\right],$$

ossia:

$$\varepsilon = 4980\,.$$

N. 5.

NOTIZIE

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Risultato delle votazioni per Referendum sull'opportunità della pubblicazione del Regolamento per le Norme di sicurezza negli impianti elettrici.

Sezioni	Numero dei Soci	Numero dei votanti	Risposero **Si**	Risposero **No**	Non presero parte al voto
BOLOGNA	69	30	16	14	39
FIRENZE	51	20	13	7	31
GENOVA	62	52	14	38	10
MILANO	264	154	109	45	110
NAPOLI	56	11	9	2	45
PALERMO	55	24	23	1	31
ROMA	122	61	47	14	61
TORINO	154	112	92	20	42
TOTALI . . .	833	464	323	141	369

SEZIONE DI NAPOLI.

15 Dicembre 1901, ore 10. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Seconda parte della conferenza del socio ing.* GRISMAYER *sul tema:* « *Teoria dei motori polifasi asincroni* ».

La convocazione dell'Assemblea era stata stabilita per le ore 10 ant. Ma dopo avere atteso fino alle 10 3/4 il Presidente Boubée, constatando che il numero dei presenti era inferiore a dieci, dichiara non potere aver luogo la riunione e doversi questa rimandare in seconda convocazione alla prima domenica dopo le feste di Natale e Capodanno.

Di che si è redatto il presente verbale da conservarsi a norma del Regolamento.

5 Gennaio 1902, ore 14,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Stampa delle conferenze che si faranno nella Sezione di Napoli.*
3. *Rinnovazione del contratto di fitto col Collegio degli Ingegneri.*
4. *Quota da pagarsi dai Soci per l'anno 1902.*
5. *Conferenza del socio ing.* GRISMAYER *sul tema:* « *Teoria dei motori polifasi asincroni* ».

Alle ore 14,30 il Presidente Boubée apre la seduta.

Si legge ed approva il verbale della seduta precedente.

Sono presenti 22 Soci.

Il Presidente pone a partito la conferma pel prossimo anno 1902-1903 della coabitazione col Collegio degli Ingegneri che viene approvata.

Il Presidente propone che si ritorni per i Soci alla quota normale di lire ventiquattro all'anno, che viene approvata.

Indi comunica che, in seguito ad invito della Sede Centrale, convocherà i Soci prossimamente in Assemblea per la questione del *Referendum* sulle Norme di sicurezza per gli impianti elettrici.

Pone in discussione le modalità per la stampa delle conferenze della Sezione.

Dopo ampia discussione si approva il seguente Ordine del giorno a proposta Lombardi:

« La Sezione di Napoli non prende impegno ufficiale con alcun giornale per la pubblicazione delle conferenze che avranno luogo nella Sede, sia in sunto che per *extenso*, poichè una pubblicazione ufficiale non può aver luogo se non nell'organo ufficiale dell'Associazione. La detta Sezione però può accordarsi col Direttore del giornale *L'Ingegneria Moderna* e concedergli in sunto più o meno esteso le varie letture purchè siano raccolte e pubblicate in una speciale rubrica senza vincolo di numero e di estensione e senza corrispettivo finanziario.

« Ogni Socio potrà avere un numero di estratti pagandone personalmente l'ammontare.

« Le conferenze riputate degne potranno, dietro approvazione dei Soci, essere trasmesse alla Sede Centrale per l'inserzione negli *Atti* ».

Il Presidente Boubée lascia la Presidenza al Vice-Presidente Lombardi, dovendo assentarsi. Questi annunzia ai Soci che le conferenze indette pel corrente anno minacciano di naufragare per l'impossibilità di qualche conferenziere di mantenere l'impegno. Essendo presente alla seduta il capitano Cattori, questi promette di tenerne una sulla trazione elettrica appena ne avrà finito gli esperimenti iniziati a Castellammare.

Quindi il Vice-Presidente Lombardi dà la parola al socio signor Grismayer per la sua conferenza.

Questi riassume brevemente le conclusioni della conferenza precedente. Dice che il sistema di trazione elettrica sulla ferrovia Milano-Varese darà buoni risultati nella cerchia di traffico alla quale l'applicazione è stata limitata. Quello Ganz applicato alle linee valtellinesi corrisponderà meglio alle esigenze di un servizio ferroviario completo senza limitazione alcuna nei trasporti sopra linee di grande importanza con fermate non molto frequenti. Nota che per sistema Ganz intende il modo di produrre e di utilizzare l'energia con correnti trifasi sulle linee di servizio a potenziale non superiore ai 3÷4000 volt, utilizzata direttamente dai motori rotanti. Dovranno studiarsi le modalità delle linee di servizio e degli organi di presa in modo da garantire la sicurezza dell'esercizio alle forti velocità prestabilite. Ma questa è una questione di dettaglio, e, se non verrà risoluta con le modalità prescelte sulle linee valtellinesi, potranno utilmente adottarsi le canalizzazioni laterali impiegate dalla Casa Siemens, che ha già dato buona prova per velocità di 60 km. all'ora e che sono adesso adottate per gli esperimenti sulla linea Marienfeld-Zossen alla velocità di 200 km. all'ora.

L'ing. Grismayer richiama poi le dimostrazioni già date e con le quali risulta poco razionale l'impiego del trasformatore statico nelle vetture motrici, patrocinato dalla Casa Siemens. Passa poi alle ferrovie secondarie ed espone i criteri secondo i quali ritiene che, almeno *a priori*, non sarebbe senz'altro applicabile in questo caso il sistema Ganz, specialmente perchè i motori rotanti permettono, per ora, l'impiego di una sola velocità normale ed una velocità metà della prima con l'accoppiamento in cascata, ed inoltre perchè gli stessi motori offrono un rendimento molto basso per la messa in moto.

Nelle linee secondarie si hanno pendenze molto variabili e forti; occorrono per lo meno tre velocità per proporzionare meglio il consumo di energia alle varie pendenze, ed inoltre è da prevedersi su queste linee l'istituzione di numerose fermate intermedie e quindi frequenti avviamenti, in guisa che il rendimento industriale si abbassa notevolmente.

Per mettere in evidenza le condizioni di funzionamento poco buone dei motori rotanti durante l'avviamento, ne espone succintamente la teoria, richiamando i diagrammi grafici studiati da Behrend, Heylaud, Hembach e recentemente dall'ingegnere Giovanni Ossanna.

A quest'ultimo proposito accenna come sia possibile ripetere lo studio dell'Ossanna tenendo conto più approssimato dell'influenza delle varie grandezze sui fenomeni, giungendo a risultati alquanto diversi.

Ciò premesso, l'ing. Grismayer fa presente la necessità che abbiamo di seguire con ogni interesse lo sviluppo delle applicazioni di trazione elettrica, e le ricerche

che si faranno in questo campo, anche se per ora non rappresentano che dei semplici tentativi, per poterci apparecchiare a trarne profitto nelle future applicazioni alle nostre ferrovie.

A questo proposito espone succintamente i tentativi del prof. Deri con locomotive a motori misti (trifasi e continui) e con trasporto di energia sotto forma di corrente ondulata, per indicare gli inconvenienti che gli stessi tentativi presenterebbero per un'applicazione sulle ferrovie, quantunque costituiscano un interessante capitolo di elettrotecnica avente per scopo di ugualizzare il carico delle sotto-stazioni e di ovviare al basso rendimento dei motori rotanti nella messa in marcia.

L'applicazione per altro non è per ora possibile, stante specialmente le numerose stazioni di accumulatori che sarebbero necessarie.

Esposte queste cose, a complemento della precedente conferenza, il socio Grismayer riassume brevemente lo studio da lui fatto della teoria dei motori polifasi asincroni, accennando ai vari autori ed ai vari metodi finora pubblicati e mettendo in rilievo le proprie conclusioni. L'argomento essendo irto di numerosi calcoli, egli soggiunge, non può essere svolto acconciamente in una pubblica conferenza, relativamente breve. Si augura però che, per il grande interesse di questo argomento, possa il suo lavoro trovar posto negli *Atti* dell'Associazione, e così dar modo ai Soci di seguirne tutto lo sviluppo.

La conferenza, durata un'ora e mezza, è stata infine coronata da unanimi applausi.

Dopo di che il Presidente scioglie l'adunanza.

15 Febbraio 1902, ore 16,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Sorteggio dei Consiglieri da decadere ed elezione di due Consiglieri, del Segretario, dimissionario, e Delegati della Sede Centrale.*
3. *Presentazione del Bilancio consuntivo 1901 e nomina di due Revisori di conti. Discussione del Bilancio presuntivo 1902.*
4. *Discussione del* Referendum: « *Se debba o no pubblicarsi a cura dell'Associazione un Regolamento per le Norme di sicurezza negli impianti elettrici* ».

Alle ore 16,30 il Presidente Boubée apre la seduta. Sono presenti 11 membri. Si procede alla lettura delle dimissioni dell'ing. Amicarelli da Segretario.

Il prof. Lombardi fa la proposta che venga nominato l'ing. Montù, il quale ha tenuto lo stesso ufficio a Torino, e potrà colla sua esperienza ed attività rendere servigio prezioso alla Sezione di Napoli.

L'ing. Montù prega di dispensarlo per le sue occupazioni e per ragioni speciali di delicatezza verso il Collega dimissionario.

Il Presidente, constatata la mancanza del numero legale, rimanda la votazione, pur facendo plauso alla proposta del prof. Lombardi.

Viene comunicata lettera della Sede Centrale sulle disposizioni relative ai premi da assegnare alle migliori letture pubblicate negli *Atti*.

Si comunica lettera della Sezione di Genova, con la proposta d'iscrivere all'Ordine del giorno della prossima assemblea generale una mozione intesa a diminuire

la quota che ogni Sezione versa alla Sede Centrale per ogni Socio individuale e collettivo.

Il Presidente propone di lasciare l'iniziativa alla Sezione di Genova, attesa la gravità delle spese che gravano sull'Amministrazione centrale.

Il socio Bonghi propone che la Sezione si riservi di deliberare in proposito dopo che avrà avuto luogo nell'assemblea generale dell'Associazione più matura discussione sulle modalità della gestione amministrativa della Sede Centrale. Viene approvato.

Si dà comunicazione della lettera d'invito alle onoranze al prof. Grassi per la sua nomina a commendatore. Viene deliberata l'accettazione telegrafica della Sezione di Napoli.

Si discute l'ordine delle conferenze da tenere alla Sezione. Constatata la mancanza dei conferenzieri che avevano assunto impegno, il Presidente comunica le trattative da lui aperte per avere altre conferenze prossime.

Il capitano Cattori ha promesso una conferenza sulla trazione elettrica il 2 marzo alla Sala della R. Accademia di Scherma, a cui inviterà i Soci della Sezione.

Si impegnano i Soci:

Montù	pel 9 marzo
Bonghi	» 23 »
De Biase . . .	» 13 aprile
Sgobbo	» 27 »
Boubée	» 11 maggio.

Si delega al Presidente la nomina dei due Revisori. Egli delega i soci Speranza e De La Grennelais.

Si proclama scaduto il socio Amicarelli da Delegato alla Sede Centrale.

Si sorteggiano i nomi di due Soci scadenti. Riescono sorteggiati i soci Cassito e De Biase.

Il Cassiere legge il Bilancio consuntivo del 1901. L'attivo è diminuito di circa 200 lire, investite nel mobilio del locale sociale.

Pel 1902 è prevista una diminuzione notevole dell'attivo per la diminuzione del numero dei Soci.

Si procede alla votazione sul *Referendum* relativo al Regolamento sulle Norme di sicurezza: si hanno su 56 Soci 9 voti favorevoli e 2 no.

Si rimanda alla prossima assemblea la votazione del Bilancio e l'elezione dei Consiglieri e del Segretario.

La seduta è tolta alle ore 18,30.

SEZIONE DI PALERMO.

31 Dicembre 1901, ore 15,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Elezione di un Delegato al Consiglio generale, in sostituzione del prof. comm. Macaluso, uscente.*
3. *Elezione di due Consiglieri di Sezione, in sostituzione dei signori ing. Ottone ed ing. Prandoni, uscenti.*
4. *Conferenza del prof.* PAGLIANI: « *Sullo stato attuale di alcuni problemi dell'elettrotecnica* ».

Letto ed approvato il verbale precedente, la Presidenza comunica le dimissioni da Soci dei signori: ing. Guerra, ing. Aita, ing. Aliotta, ing. Castiati, ing. Marini, ing. Bianco ed ing. Manzella, e l'ammissione a Soci dei signori: ing. comm. Bianchi Riccardo ed ing. Dompè Luigi, come da deliberazioni del Consiglio Direttivo del 30 settembre e 20 dicembre 1901.

Prega quindi l'Assemblea di procedere, giusto l'Ordine del giorno, alla votazione a schede segrete per un Delegato al Consiglio generale e per due Consiglieri di Sezione, facendo notare che, a norma dello Statuto, il Delegato uscente non è immediatamente rieleggibile, mentre i Consiglieri di Sezione, alla cui nomina si provvede con le modalità volute dal Regolamento interno, possono essere rieletti.

Si vota prima per il Delegato, quindi per i Consiglieri di Sezione: nella prima votazione ottiene la maggioranza il signor prof. ing. Elia Ovazza; nella seconda i signori ing. Giuseppe Ottone e prof. Orso Mario Corbino. Tutti vengono proclamati eletti.

Prende quindi la parola il chiarissimo Presidente, prof. Pagliani, il quale riferisce sull'argomento di cui nell'avviso di convocazione. Egli, dopo avere accennato ai progressi fattisi nel passato ventennio nella costruzione dei generatori, sia per ciò che riguarda la loro potenzialità che la loro tensione di esercizio, ed al problema tuttora esistente di aumentare questa tensione, dopo avere accennato alle questioni relative al meccanismo della propagazione dell'energia elettrica, passa ad occuparsi specialmente dei problemi inerenti ai sistemi di trasporto e distribuzione di questa energia. Parla della lotta tra la corrente alternata e la continua, che non ha più ragione di esistere, e del problema importante della trasformazione dell'una forma nell'altra di corrente, che si ottiene attualmente o coi gruppi motore-generatore, o coi convertitori, o coi trasformatori raddrizzatori. Espone i risultati pratici che si hanno sui vantaggi dei tre sistemi, però l'ultima parola non è ancora detta sulla preferenza da darsi all'uno od all'altro sistema; sembra, anzi, che nei singoli casi si dovrà preferire l'uno o l'altro.

Passa quindi ad enumerare i quesiti che si presentano nel progettare gl'impianti a corrente alternata, e cioè specialmente la scelta della frequenza, del numero di fasi. Si occupa dei vantaggi e svantaggi che presentano le basse frequenze, della influenza che la scelta della frequenza ha sull'economia dell'impianto, secondo che si tratta di semplice trasporto e distribuzione di energia, oppure anche di illuminazione; dell'influenza che ha la frequenza sulla resistenza dei conduttori, sull'isolamento fra essi, sui fenomeni di capacità e d'induzione, sul funzionamento dei convertitori, ecc. Fa un confronto tra i sistemi polifasici fra loro e coi monofasici.

Parla quindi dell'importanza che avrebbe l'applicazione dei condensatori negli impianti a correnti alternate.

Passa poscia ad occuparsi dell'applicazione della corrente elettrica all'illuminazione, fermandosi specialmente sul problema del rendimento dei focolai luminosi. Confronta i sistemi ad arco coi sistemi ad incandescenza. Accenna anche al problema di aumentare la tensione di esercizio delle lampade ad incandescenza, che probabilmente non si potrà risolvere, se non adottando filamenti di resistività maggiore di quello di carbonio.

Quanto al rendimento luminoso non si potrà mai raggiungere grandi progressi coi sistemi a corpi solidi incandescenti, ma l'avvenire è dei sistemi che dànno spettri a strie brillanti come i gas e vapori incandescenti, verso i quali sono dirette le ricerche recenti del Tesla e di altri.

Passa di poi ad occuparsi dei problemi inerenti alla trazione elettrica, che sono

molteplici specialmente per ciò che riguarda la trazione ferroviaria sulle grandi linee. Espone i vantaggi e svantaggi dei diversi sistemi di presa della corrente e delle diverse forme di corrente adoperate, degli esperimenti che si stanno facendo, che sembrano portare alla conclusione che l'avvenire della soluzione di questo importantissimo problema sia per la corrente polifasica.

Per ultimo si occupa delle questioni inerenti alle applicazioni della corrente alle industrie chimiche, dell'importanza che ha per esse l'abbassare quanto più si può il costo dell'energia, dell'interesse che presentano le forze idrauliche, della migliore utilizzazione dell'energia del carbone e dell'utilizzazione di questo alle miniere stesse per il trasporto dell'energia. Parla dell'interesse che presenta ogni perfezionamento nella fabbricazione del carburo di calcio per le applicazioni dell'acetilene ai motori a gas esplosivi ed all'industria chimica per sintesi in grande scala, ed infine della importanza che sembra assumere la fabbricazione dell'alluminio per nuovi campi di applicazione.

Conclude dicendo che, quantunque grandi siano già i progressi fattisi nell'Elettrotecnica, molti ed importanti problemi si presentano ancora al secolo nascente, e si augura che alla loro soluzione portino sempre un potente contributo i Soci dell'A. E. I.

L'Assemblea ringrazia il prof. Pagliani della sua dotta ed importante conferenza, e dopo ciò è tolta la seduta.

SEZIONE DI TORINO.

29 novembre 1901, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

L' ing. LORENZO GARRONE, membro dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, leggerà:

Discorso storico sull'abate Giambattista Beccaria da Mondovì, illustre scienziato, valente elettricista del 1700. La sua vita, le sue opere, i suoi tempi.

Alla adunanza sono invitate la *Società degli Ingegneri e degli Architetti* e la *Associazione Chimica Industriale* facienti parte della *Federazione fra Società Scientifiche e Tecniche.*

Il Presidente, con elevate parole, saluta i Soci riuniti delle tre Società e, compiacendosi del loro numeroso intervento, esprime la fiducia che con questa adunanza sia iniziata una serie di fecondi lavori in comune.

L'ing. Garrone legge il *discorso storico* all'ordine del giorno, accolto da calorosi applausi.

La seduta vien levata alle ore 23.

8 gennaio 1902, ore 20,45. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Modificazioni al Regolamento:*
   a) *Coordinamento cogli accordi fondamentali della Federazione;*
   b) *Proposte varie.*
3. *Elezione di un Delegato al Consiglio generale dell'A. E. I.*

Presiede il Vice-Presidente prof. ing. Ferraris.

Il Presidente comunica le dimissioni da cassiere della Sezione dell'ing. Mario Capuccio, che deve temporaneamente assentarsi da Torino. L'Assemblea, ad unanimità, non le accetta e nomina a farne le funzioni, in assenza del titolare, l'ing. A. Luino. Si approva di coordinare il Regolamento della Sezione cogli accordi conchiusi per la Federazione; si deliberano pure varie modificazioni, fra le quali, più importanti la rieggibilità del Segretario e del Cassiere alla stessa carica, la rinnovazione dei Consiglieri un terzo ogni anno, l'elezione di tutte le cariche a maggioranza assoluta di voti. Si dà mandato di fiducia alla Presidenza per redigere il nuovo Regolamento, tenendo conto di quanto è stato approvato.

Viene eletto a Delegato al Consiglio generale dell'A. E. I., con 34 voti su 35 votanti, il prof. ing. P. P. Morra, in luogo dell'ing. L. Garrone, scaduto e non rieleggibile.

La seduta è levata alle ore 22,30.

23 gennaio 1902, ore 20,45. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione del socio ing.* A. PUGLIESE: « *L'azione delle perdite magnetiche negli apparecchi a corrente alternata* ».
2. *Votazione sulla seguente questione:* « *Deve pubblicarsi a cura della A. E. I. un Regolamento per le Norme di sicurezza negli impianti elettrici?* ».
3. *Comunicazione di ammissioni di nuovi Soci.*

Presiede il Presidente comm. Roberto Cattaneo.

L'ing. A. Pugliese legge la comunicazione all'Ordine del giorno. È applaudito. Si procede per schede segrete alla votazione che fa parte del *Referendum;* il Presidente avverte che ai Soci non presenti all'adunanza, sarà spedita una scheda perchè possano votare per corrispondenza entro il 31 gennaio. Comunica l'ammissione di 15 nuovi Soci.

La seduta viene levata alle ore 23.

14 febbraio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione del socio ing.* A. TESSARI: « *Energia ricuperata nelle linee di trasmissione di energia elettrica mediante i condensatori* ».
2. *Elezione di un quarto Delegato al Consiglio generale dell'A. E. I., avendo la Sezione raggiunto un numero di Soci superiore a 150 (art. 11 dello Statuto).*

Presiede il Vice-Presidente prof. Lorenzo Ferraris.

Il Presidente dà comunicazione della deliberazione del Consiglio generale in merito ai premi da conferirsi alle migliori letture pubblicate negli *Atti.* L'ing. Antonio Tessari tiene quindi la lettura all'Ordine del giorno, accolta da vivi applausi. Chiedono informazioni e schiarimenti i soci ing. A. Diatto e P. Viscidi, ai quali risponde in modo esauriente il conferenziere.

Viene eletto a Delegato della Sezione al Consiglio generale dell'A. E. I. il dottor cav. Alberto Sassernò, con 23 voti su 24 votanti.

La seduta è levata alle ore 22,30.

SEZIONE DI MILANO.

20 Gennaio 1902, ore 21,30. — Verbale 1ª Riunione o conversazione quindicinale.

Presiede il Consigliere ing. A. Bertini.

Funge da Segretario l'ing. G. Motta.

L'ing. G. Gola legge la sua Memoria su un nuovo tipo di parafulmine, che è alla fine applaudita.

L'ing. Semenza espone gli esperimenti fatti per verificare l'attendibilità della spiegazione che l'ing. Gola dà del funzionamento del proprio parafulmine, e l'ingegnere Carcano aggiunge sullo stesso tema alcuni schiarimenti.

Intervengono alla discussione i soci signor A. Pitter, ing. Rubini e ing. Jona.

La riunione è chiusa alle ore 23.

3 febbraio 1902. — Adunanza.

Il Vice-Presidente ing. Panzarasa apre la seduta presentando il socio prof. Ugo Ancona, al quale dà la parola.

Il socio prof. Ancona intrattiene i Soci sulle *Turbine a vapore* per più di un'ora e viene alla fine vivamente applaudito.

Il Vice-Presidente, ringraziando il prof. Ancona, informa che stante l'ora tarda la discussione sull'interessante argomento trattato sarebbe stata rinviata al giorno di lunedì, 17 corr. mese.

Il prof. Francesco Grassi espone succintamente la teoria e la costruzione del *Telegrafono Paulsen* col quale il sig. ing. Hagelmann eseguisce poi alcuni esperimenti pratici.

10 febbraio 1902. — Adunanza.

Il Presidente prof. Zunini apre la seduta alle ore 21,15 presentando il socio ingegnere Fumero, il quale intrattiene il numeroso uditorio sulle *Esperienze della R. Marina Italiana sulla Radiotelegrafia* e viene alla fine applaudito; il Presidente lo ringrazia.

Si apre quindi la discussione sulle turbine a vapore ed il Presidente comunica come pure la Casa Oerlikon intenda fare prossimamente una comunicazione alla Sezione sulle turbine a vapore Rateau dalla medesima costruite.

Alla discussione prendono parte il prof. Ancona, l'ing. Barzanò e l'ing. Belluzzo.

La discussione su questo tema resta ancora aperta.

18 Febbraio 1902, ore 21,15. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione del socio prof.* ROMEO NICOLA *sulla: « Importanza e sviluppo dei freni nella trazione ».*
2. *Comunicazione della Casa* OERLIKON *sulla: « Turbina Rateau ».*
3. *Discussione sulle turbine a vapore.*

Presiede il Consigliere ing. A. Bertini, il quale apre l'adunanza alle ore 21,15, dando la parola al socio prof. Romeo Nicola, che intrattiene i Soci sul tema: « Importanza e sviluppo dei freni nella trazione », e alla fine viene applaudito; il Presidente ringrazia il prof. Romeo per la sua interessante comunicazione, e apre la discussione sulla stessa.

Non avendo chiesto la parola nessun Socio, il Presidente riapre la discussione sulle turbine a vapore, dando la parola al prof. Ancona, che spiega ai Soci dettagliatamente la turbina Rateau, costruita dalla Casa Oerlikon mercè i disegni dettagliati presentati dalla Casa stessa.

Presero parte alla discussione sulle turbine a vapore l'ing. Belluzzo, l'ing. Motta, l'ing. La Porta, l'ing. Bertini, l'ing. Spyri e l'ing. Longhi.

La discussione sulle turbine a vapore, che venne estesa anche agli alternatori accoppiati ad esse, resta ancora aperta.

SEZIONE DI BOLOGNA.

28 dicembre 1901, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Lettura del verbale della seduta precedente.*
2. *Discussione del programma di lavoro dell'anno 1902.*

Presiede il Presidente prof. Luigi Donati.

È approvato il verbale della seduta precedente.

Il Presidente espone gli intendimenti del Consiglio Direttivo intorno al programma di lavoro della Sezione per l'anno 1902.

Propone che si stabiliscano alcuni gruppi di Soci incaricati di seguire i progressi della Elettrotecnica nei varii suoi rami e riferirne in riunioni quindicinali. In talune di queste potranno, invece delle relazioni consuete, essere tenute delle conferenze o da Soci della Sezione o da conferenzieri appositamente chiamati.

Sull'argomento si apre la discussione cui diversi Soci prendono parte e la proposta viene approvata. Viene pure approvata la seguente proposta aggiuntiva presentata da diversi Soci: « Qualora gli studi fatti dai Soci di un gruppo, e da essi riferiti in una delle consuete riunioni, richiedano il sussidio e la conferma di prove sperimentali, un gruppo di Soci che frequentano il Gabinetto di Elettrotecnica della locale R. Scuola degli Ingegneri, s'incaricherà, nei limiti del tempo e dei mezzi a disposizione, di eseguire le esperienze richieste e riferirne i risultati nella riunione successiva ».

Si dà inoltre mandato al Presidente di provvedere alla definitiva costituzione dei gruppi e di assegnare, in linea generale, gli argomenti che ciascuno si assumerà il computo di seguire.

19 gennaio 1902, ore 10. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Lettura del verbale della seduta precedente.*
2. *Bilancio consuntivo dell'anno 1901.*
3. *Discussione sul* Referendum *per la pubblicazione di un Regolamento per le Norme di sicurezza negli impianti elettrici.*
4. *Elezione del Consiglio Direttivo per l'anno 1902.*
5. *Sorteggio ed elezione di un Consigliere Delegato al Consiglio generale.*

Presiede il Presidente prof. Luigi Donati.

Si approva il verbale della precedente seduta.

Si apre la discussione sul Bilancio consuntivo per l'anno 1901, dal quale risulta come diversi Soci siano non poco in arretrato coi pagamenti e si dà mandato alla Presidenza di dirigere ai Soci morosi un invito al pagamento delle quote arretrate entro un termine improrogabile, avvertendo i Soci stessi che qualora non soddisfacessero ai loro obblighi entro il termine stabilito, la Presidenza provvederebbe senz'altro alla loro radiazione. Il Bilancio consuntivo viene quindi approvato alla unanimità.

Si passa alla discussione sul *Referendum* per la pubblicazione di un Regolamento per le Norme di sicurezza negli impianti elettrici: il socio ing. Pietro Lanino fa una breve storia delle discussioni e delle proposte svoltesi in seno della A. E. I. dal Congresso di Como ad oggi e riguardanti il Regolamento in questione. Aggiunge quindi alcune considerazioni personali contrarie alla pubblicazione del Regolamento.

Si discutono alcune modalità sulla votazione del *Referendum* che verrà chiusa nella successiva Assemblea.

Procedutosi alla elezione del Consiglio Direttivo per l'anno 1902, risultano eletti:

Dott. prof. cav. LUIGI DONATI . .	*Presidente.*
Prof. ing. avv. SILVIO CANEVAZZI	*Vice-Presidente.*
Ing. BARNABA LANINO	*Cassiere.*
Ing. ALFREDO DONATI	*Consigliere.*
Ing. cav. CLETO GASPERINI . . .	»
Ing. UMBERTO MACCAFERRI . . .	»
Ing. MANFREDO PERETTI	*Segretario.*

Si sorteggia infine uno fra i due Consiglieri Delegati al Consiglio generale: ingegnere cav. Enrico Cairo ed ing. Pietro Lanino: viene sorteggiato quest'ultimo, che in base allo Statuto, non è immediatamente rieleggibile. In sua vece viene eletto l'ingegnere Alfredo Donati.

SEZIONE DI FIRENZE.

I verbali che seguono, della Sezione di Firenze, sono pubblicati con notevole ritardo, essendo stati rimessi alla Sede Centrale solo in data del 20 febbraio, malgrado le reiterate richieste.

Il Segretario Generale
R. PINNA.

5 luglio 1901, ore 8,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni diverse del Consiglio.*
2. *Proposte di Soci.*

Intervengono alla seduta 14 Soci.

Il Vice-Presidente, prof. Guido Vimercati, presenta agl'intervenuti la nuova Sede di via dei Benci, N. 10, dando comunicazioni diverse sulle condizioni diverse di fitto e spese e sugli accordi definitivamente presi col Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti e col Consiglio dell'Ordine.

L'opera del Consiglio Direttivo è approvata.

In merito alla nomina dei due Soci Delegati alla Sezione Centrale di Torino, il Vice-Presidente comunica che il Consiglio aveva proposto, anche in vista dell'urgenza, i membri prof. G. Vimercati e ing. Montù, salvo la ratifica dell'Assemblea.

In seguito però al rifiuto del socio Montù, il quale, causa trasloco, non è più in grado di soddisfare al mandato, tale nomina viene portata in Assemblea per la votazione opportuna.

Dopo qualche discussione, l'Assemblea stabilisce di affidare la rappresentanza alla Sede Centrale ai Soci:

Prof. G. Vimercati di Firenze,
Ing. F. Sizia di Firenze,

e incarica il Segretario di farne comunicazione a Torino.

Il Vice-Presidente dà quindi lettura di una proposta del socio ing. Raddi per invitare il Comune di Firenze ad apporre ad alcune delle vie nuove della città il nome di qualche grande elettricista, e cita i nomi di Galvani e Volta.

Il socio Papini ed altri fanno osservare che tali nomi compariscono già in due vie di Firenze; tuttavia si approva in massima il principio e s'invita il Consiglio a presentare qualche altro nome, perchè sia comunicato al Municipio.

È accettato il nuovo socio Florenzio Minuti. Si presenta alla discussione dell'Assemblea il *Progetto per le Norme di sicurezza*, inviato alla Sede Centrale per il Congresso annuale di Roma. Vista però la natura dell'argomento, si rimette tale discussione alla prossima adunanza, e si nomina frattanto una Commissione per studiare il progetto medesimo e raccogliere le eventuali osservazioni dei Soci.

La Commissione risulta così formata:

Prof. L. Pasqualini,
Ing. G. Santarelli,
Ing. G. B. Folco,
Ing. F. R. Sizia,
Ing. A. Mondolfi.

Dopodichè l'Assemblea è sciolta alle ore 24.

18 dicembre 1901, ore 8,30. — Adunanza.

Ordine del giorno:

1. *Lettura ed approvazione del verbale della seduta precedente.*
2. *Discussione ed approvazione del Bilancio consuntivo per l'anno 1901.*
3. *Interpellanza dei signori soci* Rampoldi *e* Picchi *sull'andamento della Sezione Toscana.*
4. *Sorteggio delle cariche sociali scadute.*
5. *Comunicazione del socio prof.* Luigi Pasqualini *su « Alcuni strumenti di precisione per misurazioni industriali elettriche ».*

Sono presenti 15 Soci; giustificano la loro assenza il Consigliere prof. Bazzi e il Consigliere ing. Folco.

Aperta la seduta alle ore 9 pom., dopo lettura del verbale dell'Assemblea precedente che si approva senza discussione, il Vice-Presidente, prof. G. Vimercati, a mezzo del Cassiere ing. Boglione, fungente da Segretario, presenta alla discussione dei Soci il Bilancio consuntivo della Sezione, costituito di uno *Stato di Entrate e Spese* e di uno *Stato patrimoniale.* Il Vice-Presidente spiega le ragioni per le quali

il Consiglio Direttivo ha creduto più opportuno di presentare in due quadri distinti come sopra, piuttosto che in un unico Bilancio, lo stato finanziario della Sezione.

Il socio Rampoldi fa osservare non essere conveniente che il Bilancio consuntivo di un anno si discuta e si approvi prima della fine dell'anno medesimo e propone che il Regolamento sia, in merito, modificato.

Rispondono in vario senso il Consigliere Santarelli e il Vice-Presidente. Non essendo la questione all'Ordine del giorno, s'invita il socio Rampoldi a formulare per iscritto la modifica desiderata per presentarla alla discussione della ventura Assemblea. È accettato. Il socio Rampoldi svolge quindi la sua interpellanza anche a nome del socio ing. Picchi. Per quanto riguarda la prima parte, egli dice che essendosi trovato presente all'adunanza tenuta in Roma dall'Associazione Elettrotecnica Italiana il 12 ottobre decorso, è rimasto dolorosamente sorpreso ed impressionato nel sentire che la Sezione Toscana era la sola che non avesse ancora soddisfatto al suo obbligo verso la Sede Centrale per quanto riguarda il versamento delle quote ad essa dovute.

Soggiunge che egli, solo come si trovava, non potè dare di ciò spiegazione alcuna e deplora come un tal fatto abbia messo la nostra Sezione nella condizione di fare una meschina figura senza poter essere giustificata da spiegazioni, e queste egli domanda ora al Consiglio Direttivo.

Il Presidente, prima di dare la parola al Cassiere per la dimostrazione documentale dei fatti, crede suo dovere il rilevare, a difesa della Sezione Toscana, la poca esattezza e la poca convenienza di quanto relativamente alla nostra Sezione fu detto nella citata adunanza.

L'art. 8 dello Statuto che governa l'A. E. I. stabilisce che ogni Sezione debba versare alla Cassa della Sede Centrale L. 10 per ogni Socio individuale e L. 20 per ogni Socio collettivo; ma, osserva il Presidente, nessun articolo di detto Statuto determina in quale epoca di ogni anno siffatto versamento debba essere effettuato, ossia non determina la scadenza dell'impegno. Ciò premesso si domanda: Con quale fondamento di diritto poterono i signori Revisori dei conti dire, nella loro Relazione alla data del primo ottobre 1901, che una Sezione non ha ancora fatto fronte ai suoi impegni, quando *tre mesi* ancora *mancavano* alla scadenza della data alla quale simili impegni potevano essere soddisfatti? L'impegno era di fare il versamento entro il 31 dicembre 1901, poichè a tale data vengono portati i saldi nei Bilanci della Centrale, senza che alcuna disposizione nè statutaria, nè il Regolamento di Sezione abbia stabilito per le Sezioni un'epoca diversa; e fino a che questo anno non sia scaduto, non si poteva accusare la nostra Sezione di avervi *mancato.*

È accettabile l'espressione del desiderio di maggior sollecitudine nell'invio delle quote; tuttavia si doveva dare comunicazione della lettera del nostro Cassiere, il quale, in data 12 agosto, aveva scritto al Presidente della Sede Centrale spiegandogli le cause del ritardo. In altri termini, dice il Presidente, si richiamano all'ordine i *morosi*, e non si diviene tali se non a mancato pagamento in scadenza.

Tutto quanto precede, il Presidente dice a norma dell'intero Consiglio Direttivo, il quale ritiene di aver così, per questo spiacevole incidente, date le più ampie spiegazioni agli adunati, che, su ciò interpellati, ne convengono.

Il Presidente soggiunge che egli si meraviglia come il socio Rampoldi, il quale, poco fa, ha espresso l'opinione che un consuntivo non deve discutersi se non ad *anno compiuto*, non sia sorto in Roma in difesa della nostra Sezione, facendo rilevare che non era il caso di fare così gravi accuse in sede di discussione di Bilancio, che a quell'epoca non si poteva dire compiuto.

Dopo ciò, il Vice-Presidente dà la parola al Cassiere, ing. Boglione.

Egli ha poco da aggiungere a quanto disse il prof. Vimercati. Vuole solo fare osservare che egli pagò alla Sede Centrale il contributo per l'anno 1900 il 30 dicembre 1900, e che per tal fatto non vi furono da parte del Consiglio generale nè lamenti, nè osservazioni. Non essendovi alcuna disposizione statutaria in argomento, egli doveva quindi ritenere come regolare il versamento fatto il 31 dicembre 1901.

Legge poi la lettera scritta il 12 agosto 1901 al Presidente dell'Associazione, in cui pregava di attendere ancora il pagamento delle quote di contributo da parte della nostra Sezione, e ne adduceva le ragioni.

Deplora anch'egli che tale lettera non sia stata prodotta all'adunanza generale di Roma.

Il socio Rampoldi è soddisfatto delle spiegazioni.

Quanto alla seconda parte dell'interpellanza Rampoldi sulla poca attività spiegata fino ad ora dalla Sezione, risponde ampiamente il Consigliere Santarelli, facendo notare come il locale adatto per la Sede non s'era potuto fissare che nel luglio scorso, in epoca quindi poco propizia alle riunioni, e per la mancanza di Soci e per la stagione inadatta. Trova strano che di ciò si voglia fare un carico al Consiglio attuale, quasichè l'esplicazione dell'attività debba essere esclusiva del Consiglio Direttivo.

È d'avviso che tutti i Soci debbano concorrere al movimento della Sezione, non il solo Consiglio, e osserva con dispiacere l'indolenza di molti Soci che non si presentano neppure alle adunanze. Si augura per l'avvenire, come il socio Rampoldi, una migliore attività.

In merito alla terza parte dell'interpellanza sul pagamento del contributo al Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti, il Cassiere risponde che è tutto regolato.

Si passa al sorteggio delle cariche sociali.

Riescono sorteggiati:

Il Vice-Presidente Prof. VIMERCATI.
Il Segretario . . Ing. G. B. FOLCO.
I Consiglieri . . Ing. SANTARELLI.
Prof. PASQUALINI.

Il socio Rampoldi raccomanda la compilazione del Regolamento per il prestito dei libri ai Soci, e desidera che nella Sede, a norma del Regolamento vigente, sia posto un registro per raccogliere le domande e i desiderati dei Soci. Il Consiglio prende nota.

Dopo ciò, il prof. Pasqualini legge la sua Memoria, vivamente applaudita, su « Alcuni strumenti di precisione per misurazioni industriali elettriche ».

La seduta è tolta alle ore 23.

Torino, 24 febbraio 1902.

Ill.mo signor ing. cav. RAFFAELE PINNA,
Segretario generale della A. E. I.

Ringraziamo vivamente la S. V. per averci voluto comunicare il verbale del-'Assemblea 18 dicembre u. s. della Sezione di Firenze.

Siamo dolenti che la Presidenza di questa abbia attribuito alle parole della nostra Relazione sulla revisione dei conti, presentata all'Assemblea di Roma, una interpretazione diversa da quella che era nelle nostre intenzioni. Ci permettiamo però di osservare che, per l'onorevole mandato affidatoci, era nostro stretto dovere di constatare lo stato *di fatto* della contabilità: non potevamo quindi tacere che una Sezione, che per delicatezza non nominavamo, ancora non avesse fatto alcun versamento al mese di ottobre.

La nostra osservazione ci era essenzialmente suggerita dalla considerazione che, se l'esempio della Sezione di Firenze fosse seguito da tutte le altre, riuscirebbe, se non impossibile, certo molto difficile la normale amministrazione della Sede Centrale; credevamo quindi opportuno, in difetto di tassative disposizioni regolamentari, stabilire in una Relazione, che acquistava valore dall'approvazione dell'Assemblea, che i versamenti delle Sezioni alla Sede Centrale non dovessero essere ritardati al 31 dicembre.

La preghiamo gradire, egregio ingegnere, i sensi della nostra particolare stima.

Prof. ing. LORENZO FERRARIS.
Ing. ENRICO SEGRÈ.

Prof. GUIDO GRASSI, *Redattore-Responsabile.*

Torino — Tip. Lit. Camilla e Bertolero di Natale Bertolero.

Associazione Elettrotecnica Italiana

VENDITA ATTI

Prezzo	Vol.	I Atti	L. 20
»	»	II »	» 20
»	»	III »	» 10
»	»	IV »	» 20
»	»	V »	» 20
Abbonamento	»	VI »	» 20

PREZZO DELLE INSERZIONI

netto da qualsiasi sconto

Spazio	2 volte	4 volte	6 volte	12 volte
1 pagina	L. 34	L. 60	L. 80	L. 140
1/2 »	» 24	» 40	» 54	» 85
1/3 »	» 18	» 28	» 44	» 70
1/4 »	» 14	» 22	» 34	» 56

Per l'acquisto degli Atti e degli Estratti e per le Inserzioni sulla coperta rivolgersi alla ***Ditta Editrice CAMILLA e BERTOLERO di N. BERTOLERO***, via Ospedale, 18 - Torino.

CONSIGLI DELLE SEZIONI A. E. I.

Torino, *Galleria Nazionale - Via Roma, 28.*

Presidente: Comm. Roberto Cattaneo.
Vice-Presidente: Prof. Ing. Lorenzo Ferraris.
Segretario: Cav. Ing. Enrico Segrè.
Cassiere: Ing. Mario Capuccio.
Consiglieri: Ing. Aristide Caramagna — Capon Maggiore Angelo — Ing. Lorenzo Garrone — Prof. Antonio Garbasso — Ing. Ettore Morelli — Ing. Vittorio Tedeschi.

Milano, *Via S. Paolo, 10.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. Luigi Zunini.
Vice-Presidente: Ing. Alessandro Panzarasa.
Segretario: Ing. Giacinto Motta.
Cassiere: Ing. Angelo Bianchi.
Consiglieri: Ing. Angelo Bertini — Ing. Franco Brioschi — Ing. Prof. Francesco Grassi – Ing. Emanuele Jona — Ing. Alessandro Scotti — Ing. Guido Semenza.

Genova, *Via Davide Chiossone, 7.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. S. A. Rumi.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Uff. Col. Federico Pescetto.
Segretario: Ing. Domenico Sertorio.
Cassiere: Cav. Saverio Audisio.
Consiglieri: Ing. Luigi Balbi — Ing. Cav. Silvio Bianchi — Ing. Celso Grillo — Ing. Cav. G. Reggio.

Bologna, *Via Galliera, 14.*

Presidente: Prof. Cav. Luigi Donati.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Prof. Silvio Canevazzi.
Segretario: Ing. Manfredo Peretti.
Cassiere: Ing. Barnaba Lanino.
Consiglieri: Ing. Alfredo Donati — Ing. Cav. Cleto Gasperini — Ing. Pietro Lanino — Ing. Umberto Maccaferri.

Roma, *Via del Bufalo, 133.*

Presidente: Prof. Moisè Ascoli.
Vice-Presidente: Prof. Angelo Banti.
Segretario: Dott. Riccardo Manzetti.
Cassiere: Ing. Comm. Oreste Lattes.
Consiglieri: Cav. Giovanni Dell'Oro — Ing. Giovanni Giorgi — Ing. Riccardo Salvadori — Prof. Alfonso Sella — Prof. Guglielmo Mengarini — Ing. Dott. Quirino Majorana-Calatabiano.

Napoli, *Galleria Umberto I.*

Presidente: Cav. Uff. Prof. Ing. F. P. Boubée.
Vice-Presidente: Prof. Ing. Luigi Lombardi.
Segretario: Cav. Ing. Francesco Amicarelli.
Cassiere: Ing. Giorgio De Cristoforo.
Consiglieri: Cav. Ing. Mario Bonghi — Ing. Umberto Cassito — Ing. Luigi De Biase — Prof. Ing. Raffaele Folinea.

Palermo, *Via Maqueda, 175.*

Presidente Cav. Prof. Stefano Pagliani.
Vice-Presidente: Cav. Ing. Emilio Piazzoli.
Segretario: Ing. Gaetano Buttafarri.
Cassiere: Ing. Francesco Agnello.
Consiglieri: Ing. Giuseppe Ottone — Ing. Giacinto Agnello — Ing. M. Fileti — Prof. O. M. Corbino.

Firenze, *Via dei Benci, 10.*

Presidente: N. N. (da nominarsi).
Vice-Presidente: Prof. Eugenio Bazzi.
Segretario: Ing. Alberto Picchi.
Cassiere: Ing. Attilio Rampoldi.
Consiglieri: Ing. Giorgio Santarelli — Ing. Giulio Martinez — Prof. Luigi Pasqualini.

Vol. VI. APRILE 1902. Fasc. 2°.

Pubblicazione bimensile *Conto Corrente colla Posta*

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE - TORINO

INDICE.

Gli Autori delle Memorie ne riceveranno in dono 100 copie

ABBONAMENTO AL VOL. VI. L. 20

TORINO
TIP. LIT. CAMILLA E BERTOLERO DI N. BERTOLERO
1902.

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Sede Centrale: Torino, Via Bogino, 9

CONSIGLIO CENTRALE A. E. I.

(Triennio 1900-1902)

Presidente: Prof. GUIDO GRASSI
Vice-Presidenti: Prof. MOISÈ ASCOLI
Prof. GIUSEPPE COLOMBO
Prof. STEFANO PAGLIANI
Segretario Generale: Ing. RAFFAELE PINNA
Cassiere: Ing. ALESSANDRO ARTOM

Consiglieri delegati dalle Sezioni:

Torino. — Prof. P. P. Morra — Dott. Alberto Sassernò — Ing. Enrico Segré — Ing. Ettore Thovez.
Milano. — Prof. Ugo Ancona — Prof. Riccardo Arnò — Ing. Giovanni Barberis — Ing. Carlo Barzanò — Ing. Palamede Guzzi — Dott. Franco Magrini.
Genova. — Ing. Gustavo Dossman — Dott. Max Thoma.
Bologna. — Ing. E. Cairo — Ing. Alfredo Donati.
Roma. — Ing. Ferruccio Celeri — Prof. C. Mengarini — Cav. G. Rodano.
Napoli. — Ing. Franc. Amicarelli — Prof. Ing. Gaetano Bruno.
Palermo. — Prof. Michele Cantone — Prof. Elia Ovazza.
Firenze. — Ing. Francesco Sizia — Prof. Guido Vimercati.

Presidenti antecedenti: Galileo Ferraris (dal 27 Dic. 1896 al 7 Febb. 1897).
On. Prof. Giuseppe Colombo (1897-99).

VOL. VI. APRILE 1902. FASC. 2º

ATTI
DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SEDE CENTRALE — TORINO

N. 6.

SULLE TURBINE A VAPORE

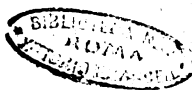
CONFERENZA

dal Socio Prof. UGO ANCONA

detta nella Sezione di Milano il 3 Febbraio 1902

seguita da Discussione e da una Comunicazione

sulla Turbina Rateau

(Con 8 figure).

Incede prudenter.

Signori,

Parve all'On. Consiglio Direttivo, che una conferenza sulle turbine a vapore avrebbe dovuto interessarvi, sia pur l'argomento non essenzialmente elettrotecnico. Invero tali motrici si collegano direttamente alle dinamo, ed è l'unione così intima, completa, delicata, che il costruttore elettrico deve studiar la motrice, il meccanico la dinamo. Le turbine a vapore, che fanno capolino nelle centrali elettriche non solo d'Inghilterra e Svezia, ov'ebbero infanzia, ma ancora d'Italia, hanno certamente attratta la vostra intelligente attenzione, ond'io spero che il mio dire vi sia gradito.

Cenno storico.

S'è detto e scritto molto, negli ultimi anni, della turbina a vapore; non sempre però con chiarezza ed esattezza sufficienti a darne un'idea netta, precisa, caratteristica.

Strana fra tutte, la stranezza d'averla considerata come nuova, essa che è vecchissima, e s'origina da tempi remoti. La qual cosa non deve

meravigliarci poichè la turbina — nella sua forma rudimentale è costituita da una ruota a palette sulle quali batte un getto di vapore, così da farla ruotare attorno al proprio asse — è un apparecchio di una semplicità primitiva, che presuppone solo la conoscenza più o meno esatta della forza espansiva del vapore, conoscenza che i nostri antichi notoriamente possedevano.

Per trovare la prima ruota a vapore dobbiamo risalire a quel gran centro di coltura che fu l'antica Alessandria, e la troviamo, infatti, nella « Pneumatica » e « Mechanica » di Erone d'Alessandria; matematico e meccanico greco, seguace d'Euclide e d'Archimede, vissuto circa 120 anni prima di Cristo. La disposizione dell'apparecchio, che si chiamò palla rotante di Erone (si dovrebbe dire palla a reazione) è indicata dalla figura 1.

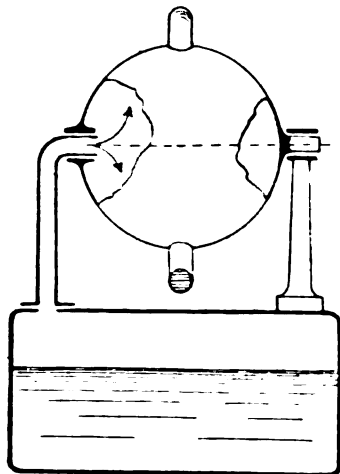



Fig. 1.

Si vede come il vapore generato nel sottostante recipiente d'acqua riscaldata, entri nella sfera cava ruotante attorno al diametro orizzontale, e vi sfugga da due becchi diametralmente opposti, ricurvati normalmente all'asse, entrambi nello stesso senso. E si capisce come la sfera debba, grazie alla reazione del vapore, ruotare velocemente attorno all'asse di sospensione. La disposizione semplicissima, costituiva allora un semplice esperimento da laboratorio. Essa attua perfettamente il principio *di reazione*, del quale è la più semplice dimostrazione sperimentale. Vedremo in seguito come la turbina a vapore del Parson, uno dei tipi attuali più importanti, deriva direttamente dalla palla di Erone, della quale può considerarsi il perfezionamento logico.

I matematici e meccanici dei secoli seguenti si occuparono an-

ch'essi, a quanto sembra, della forza espansiva del vapore e della sua applicazione a produrre rotazioni. Ma la storia ne parla pochissimo. Allora gli storici non s'occupavano che di battaglie, guerre, invasioni, leggi sociali e commerciali e d'arte; le applicazioni meccaniche non erano tenute in gran conto, non avevano invero grande importanza, nè si poteva prevederle uscite dal laboratorio all'officina della vita, efficaci fattori di progresso!

Per trovare una nuova disposizione originale, che rappresenti se non chiaro e netto, pure molto approssimatamente, l'altro principio fondamentale, la *turbina ad azione*, dobbiamo passare tutta l'epoca Romana, la notte medioevale, e giungere al 1629. Nel quale anno l'architetto italiano Giovanni Branca, pubblicava a Roma il libro « *Le macchine del signor Branca* », ove è descritta una ruota a palette disposta su albero verticale come indica la figura 2. Contro le palette

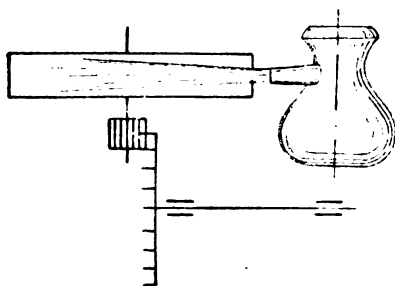



Fig. 2.

batte un getto di vapore uscente dalla bocca di un vaso d'acqua riscaldata. L'albero trasmette la rotazione ad un ruotismo riduttore di velocità, il che lascia supporre che la sua velocità angolare, ossia il numero di giri, fosse molto grande. Il ruotismo manovrava mediante camme una serie di pistelli, come quelli che si usarono per tanto tempo nella lavorazione del riso, e sembra fosse adoperato dai farmacisti per la loro alchimia. Vedremo in seguito che la turbina a vapore Laval, è una turbina ad azione che deriva direttamente dalla ruota del Branca di cui rappresenta il perfezionamento logico. Mentre infatti la ruota Branca era ad urto e ad azione, la ruota del Laval è soltanto ad azione, l'urto essendo tolto dall'opportuna direzione del getto sulla ruota.

Poco dopo, nel 1647, nasceva a Blois in Francia, Papin, il fisico illustre dalla vita fortunosa, il vero iniziatore del periodo creativo e fecondo della motrice a vapore! Nel 1736 Grenook vide nascere Watt,

e lo vide morire nel 1819, quando la motrice a stantuffo, era ormai, per sua gloria, un fatto compiuto! Da Watt ai giorni nostri si svolge il suo ultimo trionfale periodo; periodo durato quasi un secolo, in cui quattro generazioni consecutive diedero l'acuto ingegno e l'opera indefessa a perfezionarla, a renderla meccanismo meraviglioso, grandioso, delicato, elastico, sicuro, uno dei più efficaci fattori del progresso. La sua influenza sulla vita morale e materiale del secolo decimonono non fu ancora scritta, ma è certamente una delle glorie più pure di quel secolo! Fu il periodo celebre della termodinamica tecnica; Carnot, Mayer, Joule, Clausius, Hirn, svelarono tutti i segreti della macchina a vapore, dissiparono colla face intensissima della scienza la nebbia ond'era avvolta, mostrando ancora quanto sia necessario il contributo della scienza alle applicazioni pratiche, di quella scienza, figlia dell'esperienza, che non inventa ma perfeziona, sviscerando tutte le questioni fondamentali, scendendo giù giù sin dove la pratica non giunge per mancanza di mezzi.

Così la motrice a stantuffo toccò il grado di perfezione odierno; grado che non lascia alcun margine di miglioramento, perchè tutto ciò che era possibile alla meccanica più perfezionata e più intelligente è fatto. Se costruttivamente è la macchina più perfetta, termicamente è assai imperfetta; vera sciupatrice del calore insito nel combustibile. La colpa non è nostra. La termodinamica ha già da un pezzo illuminata la via del perfezionamento, ma questa via, che richiederebbe anzitutto l'uso di temperature elevatissime che nè metalli nè lubrificanti sopportano, non possiamo batterla. Abbiamo fatto prodigi in tutto quanto concerne la sicurezza, l'elasticità, la comodità della macchina; nel rendimento termico non abbiamo fatto che piccoli passi, nè v'ha speranza di farne altri maggiori!

Mentre la motrice a vapore sviluppava rapidissima, avocando a sè lo sviluppo di forza motrice, che l'industria andava richiedendo in misura ognor crescente, la turbina a vapore parve definitivamente sepolta! Ciò fu logico, fu naturale, perchè i costruttori avendo un gran margine di perfezionamento nella motrice a stantuffo, non erano attratti da altro tipo del quale non era bisogno.

Senonchè, per quella legge fatale, per cui tutte le cose di questo mondo sviluppandosi ed evolvendosi finiscono col trovare in loro stesse un germe di caducità, anche la motrice a vapore doveva trovare nel suo grandioso perfezionamento, se non un vero germe caduco, per lo meno una serie di inconvenienti che ne fecero desiderare la trasformazione.

Essa è diventata infatti molto complicata; specialmente nelle mag-

giori forze è un meccanismo di una complicazione enorme, ferreo mostro dai cento tentacoli articolati moventesi di ritmico moto. Ma i cento tentacoli articolati richiedono cura ed attenzione assidua ed intelligente e quindi costosa, per compiere con sicurezza il rude lavoro! In secondo luogo la presenza inevitabile di stantuffi che caratterizza la macchina, ossia di masse a moto alternato, è fonte di una serie di inconvenienti, tanto più sensibili quanto più potente e veloce è la motrice, inconvenienti che la ferrea legge dell'aumento di velocità rende sempre maggiori. Aggiungasi che lo spazio occupato ed il peso necessario, per ogni cavallo dinamico, sono ancora relativamente grandi, mentre l'economia di peso e spazio va diventando ogni giorno più questione di capitale importanza.

Questi inconvenienti, acuitisi ai nostri giorni, spiegano chiaramente perchè alcuni geniali costruttori si rivolsero alla turbina a vapore, per trarla dal laboratorio del meccanico all'officina della vita. Perciò bisognava renderla prima di tutto pratica e sicura, indi economica. Arduo problema, irto di difficoltà d'ogni genere, non affrontabile che dalla perfezionata meccanica, e dai progrediti mezzi di fabbricazione. Arduo problema cui diedero attività febbrile ed illuminata specialmente due costruttori, l'uno inglese, Parson, l'altro svedese, Laval. Essi presentano oggi al mondo tecnico le turbine che da loro s'intitolano, dopo venti anni d'esperienza e di prove, dopo che furono applicate e funzionano normalmente in parecchie centrali elettriche svedesi ed inglesi. Essi le sottopongono al giudizio dei tecnici, le mettono in lotta colla vecchia gloriosa motrice di Watt! (1).

Tale la situazione attuale. Tale l'istoria delle turbine a vapore. Storia breve pei pochissimi fatti, lunga per lungo periodo di tempo che abbraccia, d'onde appare evidente che la turbina a vapore rappresenta un ritorno all'aurea semplicità dell'antico con tutto l'arsenale della scienza, dell'esperienza, e dei mezzi di costruzione moderni.

Efflusso dei vapori.

Di queste turbine a vapore mi propongo darvi un'idea netta e precisa. Non intendo entrare in particolari teorici che qui sarebbero a disagio, mi condurrebbero troppo lontano ed allargherebbero troppo i limiti del mio dire; pure non mi sembra possibile chiarire le idee senza richiamare brevemente alcuni concetti fondamentali dell'efflusso

(1) Due Case svizzere di primo ordine sono entrate da poco tempo in lizza: Brown Boveri colla Parson, e la Oerlikon colla nuova turbina Rateau.

dei vapori, appunto perchè da essi traggono origine le condizioni affatto speciali di velocità delle turbine, condizioni che ne determinano il carattere distintivo essenziale.

Alla parte costruttiva accennerò soltanto di passaggio, perchè non è essenziale; può svolgersi in un modo o nell'altro, e perchè la costruzione ha un linguaggio tutto suo, linguaggio del disegno e della matita, non della voce e della parola.

Consideriamo per un momento (fig. 3) un recipiente, ad esempio,

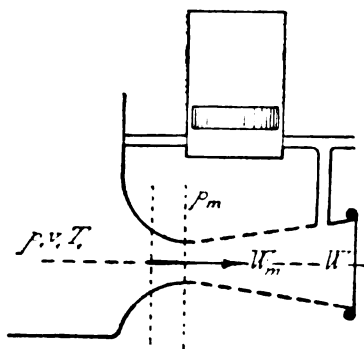



Fig. 3.

una caldaia, dove si trova e produce continuamente vapore d'acqua allo stato $p_1\ v_1\ T_1$, ed è secco, ossia completamente privo d'acqua. Questo vapore effluisce mediante bocca semplice ben arrotondata, con sezione d'efflusso minima, in spazio dove regna la pressione p, naturalmente minore. Attraversando la bocca, nelle successive sezioni la pressione diminuisce, perchè il vapore si espande, in teoria, adiabaticamente. L'espansione adiabata è, nel diagramma del lavoro, rappresentata dalla curva:

$$p\ v\ k = \text{Cost}$$

ove k, per vapore d'acqua inizialmente asciutto, è $= 1.135$.

In questa trasformazione adiabata non riversibile, il lavoro d'espansione non è ceduto all'esterno mediante uno stantuffo ed un manovellino, per vincere una resistenza qualsiasi, ma si raccoglie invece nel vapore stesso sotto forma di velocità w, ossia di energia cinetica $\frac{w^2}{2g}$.

Il lavoro così raccolto è precisamente eguale a quello che il vapore trasmetterebbe allo stantuffo nella trasformazione riversibile, tra i medesimi stati iniziale e finale.

Si è dall'espressione di tale eguaglianza che risulta:

$$w = \sqrt{2g \frac{\kappa}{\kappa - 1} p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}\right]}$$

ossia pel caso che ci occupa:

$$w = \sqrt{164.95\, p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{0.118}\right]}$$

valore della velocità w in funzione dello stato iniziale (p_1 e v_1) e della diminuita pressione p.

La formula si lascia discutere con grande chiarezza (1). E con grande chiarezza si conclude che nella sezione minima della bocca si stabilisce la pressione:

$$p_m = p_1 \left(\frac{2}{\kappa + 1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} = 0{,}577\, p_1 .$$

Nella tabella seguente sono indicate le pressioni p_m e le velocità w_m nella sezione *minima*, per le pressioni iniziali p_1 le più comuni:

p_1 in kg/cm²	p_m in kg/cm²	w_m in m/s
4	2.309	439.47
6	3.465	444. 9
-8	4.619	448. 8
9	5.197	450. 4
10	5.774	451. 8
11	6.352	453. 1
12	6.929	454. 3

La velocità w si esprime in funzione di w_m:

$$w = w_m \sqrt{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}\right]}$$

ossia moltiplicando w_m per un coefficiente di cui daremo poi i valori numerici.

(1) Vedi Zeuner, *Termodynamik*, ultima edizione. Lipsia, 1900-1901.

» Zeuner, *Theorie der Turbinen*. Lipsia, 1899.

» Ancona, *Lezioni di Termodinamica tecnica al Regio Politecnico di Milano*.

Osserviamo intanto che per pressioni comuni da 6 a 12 kg/cm², la velocità nella sezione minima è pressochè costante di 450 metri al secondo. Ma perchè possa prodursi bisogna evidentemente che in quella sezione possa realmente regnare la corrispondente pressione p_m [circa metà di p_1], la qual cosa sarebbe impossibile se la pressione esterna fosse maggiore di p_m.

Conviene quindi fare una distinzione netta e recisa dei due casi seguenti:

1° caso: $p_m > p_e$ siccome p_m è circa la metà di p_1, la caratteristica è approssimatamente $p_1 > 2\,p_e$ ossia che la pressione interna sia maggiore del doppio dell'esterna. È il caso degli efflussi a gran supressione, per esempio, dell'efflusso di vapore d'una caldaia a 6, 8, 10 atm. nell'atmosfera. In questo caso, nella sezione minima, si ha una velocità di circa 450 metri ed una pressione circa metà dell'iniziale;

2° caso: $p_m < p_e$ o circa $p_1 < 2\,p_e$. La caratteristica è che la pressione interna sia minore del doppio dell'esterna. Qui la velocità d'efflusso non raggiunge neppure nella sezione minima i 450 metri. Nella sezione d'efflusso, che sarà evidentemente la minima, regna la pressione esterna p_e e la velocità si calcola colla formula indicata.

È questo il caso degli efflussi a piccola supressione nei quali la velocità è minore di 450 metri come risulta dalla seguente tabella:

da p_i		a p_e		w in m/s (circa)
5	kg/cm²	4	kg/cm²	279
8	»	7	»	220
10	»	9	»	200
8	»	7,9	»	57
2	»	1,9	»	133
1,8	»	1,7	»	143
1,6	»	1,5	»	153

Le ultime quattro file indicano che la stessa supressione di un decimo di kg/cm² da velocità crescenti al diminuire della pressione. Ciò è naturale e va ricordato.

Ciò posto, consideriamo un po' più da vicino il primo caso di grandi differenze di pressione, il caso dunque di un vapore di caldaia ad 8 o 10 atm. che si scarica nell'atmosfera, o dove regna pressione minore, ad esempio, nel condensatore.

Qui la velocità che può assumere il vapore per effetto della grande differenza di pressione è molto maggiore dei 450 metri che ha nella

sezione minima dove la pressione è diminuita circa di metà. Se quindi noi abbiamo realmente bisogno di avere tutta la velocità relativa alla pressione, dovremo prolungare la bocca oltre alla sezione minima, allargandola leggermente, onde la pressione possa continuare a diminuire e la velocità a crescere. La massima velocità si avrà quando la pressione è diminuita fino alla pressione esterna p_e che si stabilisce nella sezione d'efflusso.

Essa si ottiene moltiplicando w_m per il coefficiente:

$$\sqrt{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}\left[1-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right]}$$

che dipende dal rapporto di p_1 a p_e, ed ha i seguenti valori:

se $\frac{p_1}{p_e}$ =	100	si ha $w = 2.583\ w_m$
» »	80	» » 2.53
» »	60	» » 2.46
» »	50	» » 2.426
» »	20	» » 2.17
» »	10	» » 1.92
» »	8	» » 1.86
» »	6	» » 1.74
» »	4	» » 1.55
» »	2	» » 1.119
» »	1.732	» » 1 —

Se, per esempio, vapore ad 8 kg. si scarica in un condensatore a 0,16 kg., avremo $p_1 = 8$ $p_e = 0.16$, quindi $\frac{p_1}{p_e} = 50$.

Ora, dalla tabella prima rileviamo che la velocità w_m nella sezione minima sarà in questo caso:

$$w_m = 448.8 \text{ metri}$$

e che la velocità massima ottenibile si otterrà moltiplicando questo valore pel coefficiente 2.426 dato dalla terza tabella. Essa sarà dunque:

$$w = 448.8 \times 2.426 = 1089 \text{ metri.}$$

Così si determinano le grandi velocità d'efflusso di vapori, mediante la bocca d'efflusso indicata nella figura, che fu adoperata per primo

dal Laval, appunto perchè nella sua turbina, di cui parleremo subito, egli aveva bisogno della massima ottenibile velocità.

Così si determina che:

Vapore di	10	kg.: si scarica in spazio a	0.4	kg. con circa w =	1020 m.
»	2	» » »	1.—	» » » »	465 »
»	1	» » »	0.4	» » » »	503 »
»	8	» » »	0.16	» » » »	1089 »

Velocità — Azione — Reazione.

Veduto così quali siano le leggi principali che governano l'efflusso del vapore, come la velocità d'efflusso possa determinarsi, e la bocca profilarsi, facciamo anzitutto una osservazione sulle grandezze assolute.

Le velocità d'efflusso del vapore ammontano, come vedemmo, a centinaia e centinaia di metri al secondo; sono duecento, trecento e più metri per le piccole differenze di pressione, e mille e più metri per le differenze massime, le quali nel caso che ci occupa di vapore d'acqua, si hanno tra vapore di caldaia a 12 kg. circa e condensatore, per esempio, a 0,15 kg.

Queste velocità sono, per noi, enormi; infinitamente superiori alle maggiori velocità meccaniche che incontriamo nei più veloci apparecchi. Lo dimostra l'eloquenza delle cifre raccolte nella seguente tabella:

Velocità	di un camminatore	1.6	m/s.
»	nave a 10 nodi all'ora	5.15	»
»	periferica di un cerchio di 4 m. di diam. a 250 giri	52.3	»
»	periferiche economiche di poli d'alternat. elettrici	30-40	»
»	del suono a 10° C.	340	»
»	d'efflusso di vapore da 10 a 0.4 kg.	1020	»
»	» » » 1 a 0.4 »	503	»
»	di un punto dell'equatore terrestre	463	»
»	della luce	310 milioni	»

Le velocità d'efflusso w sono dunque, anche per sovrapressioni normali, enormi; ogni chilogramma di vapore ha immagazzinato sotto forma di forza viva $\frac{w^2}{2\,g.}$ gran numero di chilogrammetri, come risulta dalla seguente tabella:

per $w =$ 400 m/s.	Lavoro $\frac{w^2}{2g.}$	$=$	8155	kgm.
» $w =$ 500 »	» »	$=$	12742	»
» $w =$ 600 »	» »	$=$	18350	»
» $w =$ 800 »	» »	$=$	32620	»
» $w =$ 1000 »	» »	$=$	50968	»
» $w =$ 1100 »	» »	$=$	61671	»

Un cavallo-ora corrisponde a 270.000 kgm.

D'onde è facile calcolare quanti kg. di vapore sarebbero necessari per ogni cavallo-ora ad un motore a getto, per esempio, ad una turbina a vapore, che potesse utilizzare tutta la forza viva raccolta sotto forma di velocità. Basta dividere 270.000 per il numero di chilogrammetri indicato dalla tabella che precede in corrispondenza alla velocità del getto. Il quoziente rappresenta il numero cercato. Così:

con $w =$ 500	sarebbero	necessari	21.19	kg.	di vapore	per 1 HP-ora
» 600	»	»	14.71	»	»	»
» 800	»	»	8.28	»	»	»
» 1000	»	»	5.29	»	»	»
» 1100	»	»	4.38	»	»	»

Naturalmente, crescendo la velocità, ossia la pressione iniziale, diminuisce il consumo specifico di questo motore teorico. Teorico perchè non è possibile che utilizzi tutta l'energia cinetica del getto, inquantochè, pure estraendo da resistenze e fughe, una parte di questa energia va perduta ancora sotto forma d'energia cinetica, corrispondente alla velocità con cui il vapore abbandona la ruota.

Chiarite così le idee sui caratteri particolari dell'efflusso dei vapori, ci troviamo ad un bivio; la strada che conduce alle turbine a vapore si biforca in due vie maestre, due modi diversi d'utilizzare il vapore in pressione. Possiamo cioè farlo agire sull'apparecchio destinato a riceverne l'energia potenziale o cinetica, o per *azione* o per *reazione;* le due vie conducono ai prototipi delle turbine a vapore, la prima alla turbina Laval, la seconda alla Parson.

Occupiamoci prima dell'azione poi della reazione.

Azione (Laval).

Il principio dell'azione vi è noto, non starò quindi a chiarirlo, tanto più che mi condurrebbe troppo lontano.

Un getto fluido agisce per azione sovra una ruota a palette quando vi arriva colla massima velocità che può assumere col carico, ossia quando la pressione è ridotta alla pressione che regna nello spazio ove gira la ruota; non è quindi necessario che il getto riempia completamente il vano tra due palette; vi arriva ad espansione completa ed agisce per sola *azione*. La velocità del getto all'escire dalla bocca d'efflusso, velocità colla quale va a battere contro la paletta, deve essere massima; minima quella con cui abbandona la ruota. A tal uopo bisogna:

1) che p_1 sia grande, ossia adoperare vapore ad alta pressione. È naturale;

2) che p_2 sia piccolo, ossia adoperare un buon condensatore che faccia un buon vuoto dove gira la ruota. Anche ciò è naturale!;

3) conformare la bocca d'efflusso in modo tale che la velocità massima sia realmente raggiunta, ossia adoperare una bocca Laval;

4) rendere minima la velocità assoluta di scarico, ossia, fig. 4, tenere l'angolo α_2 piccolo il più possibile.

Tali i caratteri delle turbine Laval. D'onde risulta anzitutto che il suo efflusso è nel campo degli efflussi a gran pressione, ossia a gran velocità. Prendendo per pressioni estreme 10 kg. e 0.4 kg., pressioni che possono rappresentare quelle reali di una caldaia e di un condensatore cattivo, la velocità di efflusso è di circa 1020 metri.

La velocità con cui il vapore incontra le ruote Laval è quindi enorme, e bisogna appunto renderla più grande che si può.

Ed ora domandiamoci: la velocità periferica media v della paletta battuta, che determina poi la velocità angolare ossia il numero dei giri della ruota, in che rapporto deve stare con questa velocità d'efflusso w_1 affinchè si verifichino le più favorevoli condizioni?

Questo rapporto dipende dalla forma che si dà alle palette, che in generale è curvata, come indica la fig. 4, secondo un arco di cerchio che ha centro sul piano di simmetria della ruota. Esso si determina ponendo come condizione che il getto incontri la ruota senza urto, e l'abbandoni con velocità assoluta w_2 minima.

La prima condizione dice che la velocità relativa d'ingresso c_1 deve

essere tangente al primo elemento della paletta. S'intende bene che c_1 è uguale a c_2 perchè nei canali delle ruote non c'è alcun aumento ma semplice deviazione di velocità.

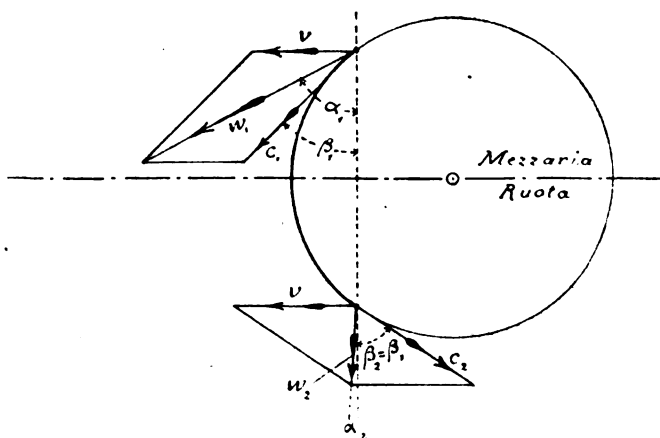



Fig. 4.

Ogni chilogramma di fluido che attraversa la ruota le consegna un lavoro dato da:

$$L = \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} = \frac{2}{g} v \times A\,B$$

se A B è in figura la proiezione orizzontale di c_1.

Il rendimento della ruota, rapporto di questo lavoro realmente ottenuto al lavoro $\frac{w_1^2}{2g}$ disponibile nel chilogramma, si scrive:

$$\eta = 4 \frac{v}{w_1} \cos \alpha_1 \operatorname{tang} \beta_1 .$$

Tenendo costante la velocità periferica fissata, si vede che per aumentare L bisogna aumentare A B, ossia diminuire più che si può l'inclinazione del getto sul piano della ruota, ossia tenere α_1 poco minore di 90°. Ora, difficoltà costruttive impediscono ad α_1 di crescere troppo; esso s'aggira attorno ai 70°, ossia l'inclinazione del getto sulla ruota si aggira attorno ai 20°. Allora se la velocità d'efflusso è di circa 1000 metri la velocità periferica v diventa minore della sua metà, ed infatti in molte ruote Laval la troviamo variare tra 350 e 400 metri;

qualche volta è anche un po' minore di quanto dovrebbe, d'onde un piccolo urto all'ingresso, non molto dannoso, e compensato dal vantaggio della diminuita velocità.

Comunque, anche riducendo la velocità periferica a 300 metri, essa è già enorme! Per ottenere la velocità angolare ossia il numero dei giri bisogna fissare il diametro. Ora il diametro di una ruota a velocità così enorme va tenuto più piccolo che si può, onde la ruota sia leggerissima, ed infatti le ruote Laval sono estremamente piccole. La ruota da 100 HP ha 35 centimetri di diametro, quella da 200 HP 50, e quella da 300 HP 70.

Con questi piccoli diametri, imposti da difficoltà costruttive, e colle enormi velocità angolari, il numero dei giri diventa enorme, come risulta dalla seguente tabella di valori approssimati.

HP	Diametro della ruota in metri	Giri	Velocità periferica	Peso per HP in chili (circa)
10	0,12	24000	151	29
100	0,35	15000	235	35
200	0,50	9000	235	35
300	0,70	7500	274	27
600	1,00	6000	314	25

Tali le velocità angolari della ruota Laval, velocità enormi che richiedono una costruzione tutt'affatto particolare e difficilissima.

Sul principio e sul modo d'agire della turbina non ho altro da aggiungere, nella speranza d'essere stato chiaro; mi limito quindi ora a pochi accenni costruttivi.

Un numero di giri così enorme non può essere utilizzato in alcun modo; va dunque immediatamente ridotto, ed infatti l'albero della turbina porta all'estremo, come vedete sul disegno, un rocchetto che ingrana contemporaneamente colle due ruote dentate dei due alberi ausiliari.

Il rapporto di riduzione varia tra $\frac{1}{6}$ ed $\frac{1}{10}$ circa, è cioè grandissimo, appunto per la necessità di diminuire più che si può la velocità angolare. Le ruote dentate del Laval sono le più veloci che si costruiscano; hanno completamente rivoluzionato le leggi empiriche che proporzionavano le ruote dentate, perchè l'accresciuta velocità ha accresciuto il numero dei denti e quindi la loro lunghezza; sono veri manicotti armati di denti piccolissimi e lunghi. Non ostante la cura anzi la perfezione con cui tale ingranaggio viene eseguito, si capisce

chiaramente che costituisce un organo delicatissimo, assai difficile da mantenersi in buono stato e facilmente causa d'inconvenienti.

Costruttivamente però l'organo più importante ed interessante è l'albero flessibile della ruota a vapore, che ha tutta una storia ed una teoria. Non potendo qui esporvele mi limito a dirvi che, data l'enorme velocità angolare, un sistema rigido di ruota ed albero non avrebbe avuto un andamento tranquillo se non quando il baricentro della ruota fosse caduto esattamente sull'asse di rotazione, coincidenza questa resa spesso impossibile dalla stessa mancata omogeneità del materiale! Il Laval ha risolta assai ingegnosamente la difficoltà rendendo l'albero flessibile, il che gli permette d'inflettersi in modo tale che la ruota, non appena entra rapidamente in rotazione veloce, ruota attorno ad un asse ideale, quello dei cuscinetti, che diventa asse principale d'inerzia perchè il baricentro si porta su di esso (1).

L'albero flessibile, un organo così delicato ed originale, ha dato buoni risultati in pratica; grazie ad esso le ruote Laval, non ostante l'enorme numero di giri, ruotano tranquille e silenziose, nè i perni vanno soggetti a riscaldamenti eccessivi.

La turbina Laval è la più semplice che si possa immaginare.

Questo volle e questo ottenne il Laval, abbattendo ingegnosamente tutti gli ostacoli che gli sbarravano la via. Il suo motore ha una certa diffusione in Svezia, in Russia, in America; s'incontra di rado in Inghilterra, in Germania, in Francia ed in Italia; funziona benissimo ed ha in misura massima il vantaggio spesso prezioso d'occupare poco posto. In un angolo qualsiasi della sala di una motrice divenuta insufficiente all'accresciuta forza voi mettete una turbina Laval equipotente! Ciò non pertanto il suo numero di giri enorme e la necessità di un albero flessibile sono grave ostacolo all'assurgere a grandi forze. Essa è probabilmente destinata a raggiungere al massimo qualche centinaio di cavalli; alle migliaia di cavalli che richiederebbero grandi masse non mi pare adatta, nè si è ancora cimentata a tal pondo.

La resistenza delle palette ad un getto di vapore che anche senza batterle vi scorre e preme con velocità così grande non è bene stabilita. Sembra che a quelle velocità il vapore intacchi il metallo, d'onde la necessità di ricambiare la ruota relativamente spesso.

---

(1) A primo esame parrebbe che il baricentro fuori dell'asse dovesse allontanarsene vieppiù aumentando la velocità; così non è. Chi voglia avere un'idea chiara delle condizioni e del modo d'agire di quest'albero veda Föppl, *Das Problem der Laval'schen Welle*. — « Civil ingenieur », Dresda, 1895.

Ciò non ostante il Laval esponeva a Parigi, nel 1900, una delle sue prime turbine di 10 kw., che aveva lavorato per l'alimentazione di acqua di Gothemberg dal febbraio 1893 al febbraio 1900, ossia per sette anni, senza sostituzione di alcun organo.

La turbinetta era completamente smontata onde mostrare il buono stato di conservazione in cui si trovavano i suoi organi dopo che l'albero aveva compiuto 20 miliardi di giri.

Una simile favorevole esperienza sarebbe certo assai più difficile con una motrice più potente.

Reazione (Parson).

Passiamo ora al secondo principio fondamentale *della reazione* rappresentato, come dicemmo, dalla turbina Parson, che trae origine dalla palla ruotante di Erone. Il Parson iniziò, 25 anni or sono, le esperienze che lo condussero, con una serie di felici riforme, alla sua turbina attuale, precisamente colle palle di Erone.

Quale fu il principio di reazione non starò a spiegarvi, giacchè vi è noto. Esso è caratterizzato dal fatto che il fluido entra nella ruota mobile con velocità minore di quella che corrisponde al carico completo: la parte rimanente di carico ossia di salto si trasforma in velocità appunto nella ruota mobile, per lo che i suoi canali devono essere completamente riempiti, onde la pressione possa diminuire sino a quella di scarico e la velocità aumentare.

Tutto ciò in opposto alla turbina ad azione (Laval) dove la reazione è nulla. Sapete ancora che l'azione non può essere nulla, ossia che la reazione non può, come l'azione, essere completa, poichè l'acqua deve pure giungere alla turbina ed abbandonarla con una certa velocità e quindi esercitare una certa azione.

In altri termini, la parte di salto che produce la velocità d'arrivo sulla ruota mobile agisce per azione, l'altra per reazione; la reazione è tanto maggiore quanto maggiore è quest'ultima parte ed il grado di reazione è precisamente il suo rapporto a tutto il salto.

Il grado di reazione che è zero nelle turbine ad azione varia in quelle a reazione tra 0 ed un massimo di 0,60 ed anche 0,70; spesso s'aggira attorno a 0,50.

Ciò premesso, risulta evidente che la reazione permette facilmente

di suddividire il salto in parecchie parti, utilizzandone ognuna con una turbina, e disponendo tutte le turbine sul medesimo asse onde i lavori si sommino. Le turbine vanno scaglionate sul salto, disposte in cascate, in modo che la pressione di scarico dell'una sia la pressione di carico della successiva. Quale sarà il risultato?

Evidentemente in ogni turbina il salto sarà ridotto quindi tanto minore, quanto maggiore è il numero delle turbine. E siccome questo salto va diviso in due parti, quella ad azione e quella a reazione, ne viene che quella ad azione da cui dipende direttamente la velocità d'ingresso del fluido nella ruota mobile, potrà essere piccolissima.

Ecco un mezzo, il più semplice, per diminuire la velocità periferica eccessiva, e quindi il numero di giri enorme della turbina Laval, mezzo però che complica sensibilmente la macchina, perchè invece di una sola turbina a reazione (per sua natura già più complicata che quella ad azione), ne abbiamo molte. Quante dovranno essere? Evidentemente, per ridurre la velocità d'arrivo della ruota, bisogna ridurre il salto relativo, ora abbiamo veduto che col vapore un decimo di chilogramma di sovrapressione dà una velocità che naturalmente varia a seconda della pressione, aumentando sensibilmente al diminuire di essa, ma che in ogni modo è relativamente piccola.

La velocità periferica della ruota sta a questa velocità d'arrivo in un rapporto che varia cogli angoli e col grado di reazione, ma in ogni modo è molto minore ed eguale spesso alla sua metà. Ne consegue che per avere velocità periferiche piccole, e quindi numero di giri relativamente piccolo, bisognerà suddividere il salto totale di pressione in molti piccoli salti parziali. Ogni salto parziale va utilizzato da una turbina in parte ad azione, e produce le velocità w_1; in parte a reazione, e produce l'incremento $c_2 - c_1$. Essi debbono essere piccolissimi, minori di un decimo di chilogramma, specialmente per le pressioni più basse; in altri termini, il numero delle turbine deve essere assai grande. Infatti nelle turbine Parson, che lavorano tra 10 e 0,2 chilogrammi, esso arriva persino a 50. Sono cinquanta turbine assiali scaglionate sul salto, che rendono la macchina abbastanza lunga e complicata. Le palette delle prime ruote sono piccolissime, hanno un'altezza di 25 millimetri circa, che va poi crescendo, e sono indicate nella fig. 5.

Ogni chilogramma di vapore cede alla ruota mobile un lavoro:

$$L = \frac{w^2_1 - w^2_2}{2g} + \frac{c^2_2 - c^2_1}{2g},$$

somma del lavoro d'azione $\frac{w^2_1 - w^2_2}{2g}$ e del lavoro di reazione $\frac{c^2_2 - c^2_1}{2g}$.

La velocità residua w_2, velocità assoluta con cui il vapore abbandona la ruota, dovrebbe essere piccola il più possibile, quindi normale

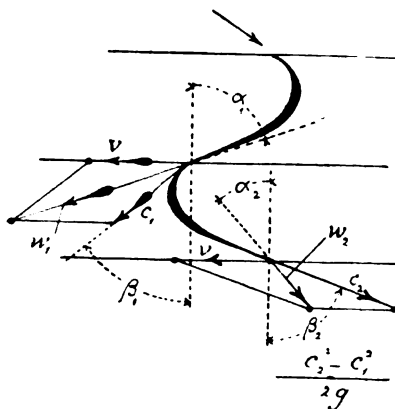



Fig. 5.

a v; viceversa la si tiene di solito inclinata, come indica la figura, onde v non cresca ed il grado di reazione non diminuisca troppo, e perchè non vi sia urto sul distributore successivo.

Supponiamo che la figura rappresenti il primo gruppo di distributore e ruota; questa velocità w_2 è la velocità assoluta con cui il fluido entra nel secondo distributore. Se su questo agisce ad azione il medesimo carico parziale come nel primo distributore, la nuova velocità d'efflusso w_1 da esso, sarà maggiore della precedente, prima per effetto della velocità w_2 già insita nel vapore al suo ingresso, poi, perchè le pressioni essendo diminuite, la medesima sovrapressione genera ora un maggiore incremento di velocità. Si capisce quindi di leggieri che la velocità w_1 d'ingresso nelle turbine va continuamente aumentando, e rapidamente; come aumenta rapidamente il volume del vapore.

Bisognerà quindi aumentare le sezioni di passaggio e le velocità periferiche, il che, se le turbine sono tutte calettate sul medesimo asse, significa aumentare i diametri delle ruote e l'altezza delle palette. È ciò che avviene.

Come debba avvenire è difficile stabilire teoricamente, nè posso farlo qui. È tutta una questione complessa che si collega cogli angoli delle

palette, coi gradi di reazione delle singole turbine. Invero bisognerebbe studiare tutte le turbine separatamente, determinare per ognuna gli angoli (quindi la forma delle palette), il grado di reazione ed il diametro. In pratica non lo si fa, tanto più che il calcolo non potrebbe essere che approssimato, data l'incertezza nella legge d'espansione del vapore. In pratica si dividono le turbine in tre o quattro serie, a diametri crescenti; la prima serie, battuta da vapore ad alta pressione, ha il diametro massimo; nelle successive il diametro cresce, mentre la pressione diminuisce. Non solo, ma le palette sono in ogni serie compagne, comprese quelle dei distributori; vi saranno quindi delle ruote nelle quali il getto entrerà con urto, d'onde una serie di piccole perdite, compensate praticamente dall'accresciuta semplicità di costruzione e dal facile ricambio delle palette.

La costruzione della Parson risulta, ben inteso, solo nelle linee generali dal disegno esposto. Esso mostra una turbina con tre gruppi, ossia con tre diametri. Ogni gruppo consta di un certo numero di turbine. Le ruote mobili costituiscono un solo corpo fisso all'albero; i distributori fanno corpo coll'inviluppo. Le palette, tutte rimesse a coda di rondine, sono nei gruppi crescenti in altezze. Il rotore, o corpo di tutte le ruote mobili, è fuso in un pezzo coi tre stantuffi scaricatori che alloggiano in corrispondenti cilindri ed hanno il difficile incarico di equilibrare la forte spinta assiale che proviene da pressione, reazione, ed attrito di vapore. Questa spinta e la necessità di scaricarla, mediante tali stantuffi, onde non avere nel perno di spinta un lavoro d'attrito grande, è, a mio modesto parere, un inconveniente della Parson, che proviene dalla reazione. Invero la tenuta di questi stantuffi contro le pareti dei cilindri ove non scorrono, ma ruotano, deve essere estremamente difficile, mentre d'altra parte l'economia del regime si leva appunto su di essi.

Il primo stantuffo sopporta pressione completa; ogni minimo gioco lascia quindi passare notevoli quantità di vapore, nè suppongo molto efficace il ricupero a favore della seconda serie del vapore sfuggito dal primo stantuffo.

Si troverà strano che io non dia qui un disegno della sezione di una Parson; non lo do perchè non potrei darlo esatto. Quello che si vede nelle pubblicazioni tecniche (1) mostra ciò che i costruttori vogliono mostrare, e questo non è il vero. La tenuta degli stantuffi scaricatori, ad esempio, è indicata a labirinto; ora, a quanto mi

(1) Fu mostrato nella conferenza, ed è la sezione ad *usum delphini* pubblicata dalle Case.

consta, credo poter dire che è invece ad appoggio. Gli stantuffi porterebbero dei risalti circolari che si appoggiano contro risalti corrispondenti costituiti da anelli — di metallo speciale in più pezzi — la cui mezza altezza s'alloggia in corrispondenti scanalature del cilindro, mentre l'altra mezza forma l'appoggio. Ci dovrebbe essere appoggio senza pressione, e quindi senza usura, onde assicurare una tenuta perfetta e costante. Voi capite di leggieri le difficoltà del problema costruttivo, la necessità di meccanismi registratori che restituiscono il contatto tolto dall'usura del perno di spinta, il cui scarico — per virtù degli stantuffi — sarà sempre parziale e varierà col carico e colla temperatura della turbina. Credo di poter dire che, nei tipi attuali, vi sono due supporti principali ad anelli, i quali, non so con quale esattezza, potranno funzionare assieme.

Un altro inconveniente della Parson è la necessità di un gioco infimo tra la superficie cilindrica esterna delle palette e l'inviluppo; esso deve essere una piccola frazione di millimetro. Anche questa è una dolorosa necessità della reazione, che rende diverse le pressioni sulle due faccie della ruota (salto a reazione); onde il gioco costituisce una vera comunicazione diretta tra vasi a pressione diversa, ed il vapore ha una forte tendenza a scapparvi.

È un inconveniente che l'azione non ha, perchè nella ruota ad azione le pressioni sulle due faccie sono eguali alla pressione costante della camera dove gira la ruota, onde il vapore non ha speciale tendenza a sfuggire attraverso il gioco. Questo può tenersi assai maggiore — anche di qualche millimetro — mentre nelle Parson non deve superare i tre decimi di millimetro circa. Ora non credo facile mantenere a diverse temperature un gioco simile, su tutta la lunghezza di qualche metro del rotore; una piccola inflessione basta a comprometterlo. Il gioco tra distributore e ruota può essere senza danno di qualche millimetro; ciò è anzi necessario, poichè non vedrei altrimenti come potrebbero avvenire spostamenti relativi per dilatazioni assiali diverse dell'inviluppo di ghisa rispetto al rotore d'acciaio, esposti a diverse temperature di regime, molto diverse anzi se lavorano con o senza condensatore, o con diversi gradi di surriscaldamento.

E faccio punto su questo argomento, che mal si presta a trattarsi in una conferenza, e senza disegni esatti. Mi basta d'avere chiaramente accennato alla spinta assiale ed alla necessità di giochi piccolissimi, che derivano alla Parson dalla sua stessa natura e mi sembrano renderla assai delicata.

Non entro nelle altre difficoltà, ad esempio, in quelle provenienti da diverse dilatazioni e da diverse temperature di regime, temperature

che possono fare dei salti discreti (60, 70, 80 gradi) a norma del surriscaldamento. A questi salti le motrici a stantuffo sono abbastanza indifferenti.

Vantaggi e svantaggi.

Quali sono i vantaggi caratteristici della turbina a vapore?

Prima di tutto si noti che, termicamente, la turbina non ha alcun vantaggio. Il suo ciclo è quasi identico a quello della motrice di Watt, stesso vapore, stesso salto, ecc.; l'unica differenza sta nel modo di sviluppare la fase di espansione, riversibile nella motrice di Watt, non riversibile nella turbina. Questo concetto è assai semplice ed importante. Pel quale motivo sarà ripetuto.

Messo in capo alle discussioni, avrebbe chiarite le idee ed impedite tante inesattezze. Non si è scritto che il ciclo della turbina è speciale, e permette una migliore utilizzazione del vapore? Come se il rendimento di un ciclo teorico dipendesse proprio dallo sviluppo d'una fase invece d'essere funzione esclusiva del salto di temperatura! Come se il vapore avesse un'influenza di principio sul rendimento termico!

Il lavoro che si raccoglie in forza viva nel getto di vapore è, come vedemmo, precisamente quello che avrebbe lo stantuffo.

I grandi vantaggi della turbina sono essenzialmente costruttivi. Di alcuni, molto evidenti, importanti e veri, s'è detto e scritto moltissimo, onde posso limitarmi ad accennarli brevemente.

Anzitutto le vibrazioni caratteristiche provenienti dalle masse a moto alternato, fonte di tanti guai, scompaiono con esse, con quale enorme vantaggio è inutile ripetere. Il numero di giri di regime è molto più elevato che nelle motrici di Watt, quindi le motrici — eventualmente le accoppiate dinamo — diventano più leggiere ed occupano meno spazio, vantaggio questo la cui importanza non fa d'uopo rilevare.

Dire in cifre la riduzione di spazio e peso delle turbine rispetto alle motrici comuni è impossibile. Dirò solo che colle turbine il peso per cavallo dovrebbe ridursi all'incirca un terzo, dato, questo, lo ripeto, soltanto approssimato. Ecco alcuni pesi dei nuovi gruppi alla Centrale di Porta Volta della Società Edison di Milano (1):

(1) Gentile comunicazione di un Ingegnere di Brown-Boveri.

	Unità Brown-Sulzer a cilindri		Tubo alternatore Brown-Parson
Potenza effettiva . . .	1500 kw		2000 kw
Giri	93,5		1260
Peso totale gruppo tons	220		115
Peso alternatore . . »	50 (con volano)		45
Peso motrice con condensatore a iniezione . »	170	volano non compreso	70
Idem per 1 kw ai morsetti alternatori Chili	113,5		35
Idem per 1 HP . . . »	83,5		25,7
Id. per 1 HP, sull'albero »	77,6		23,9

Proseguiamo. Nelle turbine si può surriscaldare più che nelle motrici Watt, perchè il vapore non viene a contatto con superficie accoppiate e quindi lubrificate; d'onde l'ulteriore vantaggio di non ungerlo, e condensato, riammetterlo tranquillamente in caldaia. Montaggio, smontaggio, sorveglianza, governo sono assai facili. Del consumo specifico di calore diremo poi.

Dirò invece di un altro vantaggio, meno evidente, ma molto importante delle turbine, e cioè della diminuzione di scambi di calore tra fluido ed inviluppo metallico.

Tutti i tecnici sanno che questi scambi, oggetto di lunghi studi teorici e pratici, posso dire sino dai tempi di Watt, sono assai nocivi nelle motrici a stantuffo, ove il vapore deve necessariamente, dopo l'espansione, retrocedere ed uscire dalla stessa estremità d'ingresso, la quale si trova così successivamente in comunicazione col recipiente di carico (a temperatura massima) e con quello di scarico (a temperatura minima). Uno dei vantaggi delle motrici policilindriche, il loro vantaggio termico, sta nell'essere i cilindri scaglionati sul salto termico e quindi esposti a minor salto di temperatura ed a minor danno.

La turbina si trova, sotto questo aspetto, in condizioni assai favorevoli, anzi, addirittura nelle migliori condizioni immaginabili. Se mi concedete l'espressione un po' arrischiata, direi che ha per asse longitudinale l'asse della temperatura. In ogni sezione normale si può ammettere che in regime la temperatura non varii; aggiungete che il vapore attraversa la turbina con enormi velocità, quindi compie la fase pericolosa con grandissima velocità, ed avrete realmente un gran vantaggio, che toglie gli scambi continui di calore tra inviluppo e fluido, i quali, avvenendo sempre con sottrazioni a temperature massime, e cessioni a minime, sono tanto nocivi. Qui è senza dubbio a ricercarsi

uno dei motivi per cui il consumo specifico delle turbine ben costruite e termicamente isolate, è sceso a quello delle motrici di Watt, non ostante che nelle turbine, neppure in teoria, possa utilizzarsi tutto il salto utile, poichè il vapore deve pure abbandonare la turbina con una certa velocità cui corrisponde un lavoro perduto.

Ed ora, per amor di vero, devo dire subito di un massimo inconveniente della turbina attuale, uno svantaggio insito nella sua natura, quindi assoluto; essa non è riversibile.

Non dirò a voi quale sia la gravezza del fatto; a volte, innocuo, per esempio, nelle centrali elettriche; a volte, per esempio, nella navigazione, addirittura spaventoso, come vedremo meglio in seguito. Spaventoso perchè si collega all'impossibilità di arrestare rapidamente una turbina, come si arresta una motrice comune, appunto per l'enorme forza viva, nata da enorme velocità, onde bisogna spogliare le masse rotanti!

Per ciò che riguarda la costruzione non è giusto parlare di svantaggi, e tanto meno di svantaggi assoluti. Sono difficoltà vincitrici oggi, vinte forse domani.

Risultati d'esperienze.

Qui sarò brevissimo, e mi limiterò a poche cifre.

Le turbine hanno sfatata la leggenda d'essere necessariamente divoratrici di vapore; lo furono per un pezzo; ora non lo sono più.

Negli ultimi anni i risultati di collaudo eseguiti da tecnici superiori ad ogni sospetto, testimoniano consumi specifici eguali, o assai poco superiori a quelli delle motrici a stantuffo equipotenti.

È questo un brillante risultato costruttivo, tutto costruttivo; la termodinamica non c'entra.

Perfezionata la costruzione, non c'era alcun motivo perchè le turbine non dovessero dare la stessa economia delle motrici a stantuffo! Resta a vedere se, come nella motrice comune, sia facile mantenere in regime, senza osservanza e governo troppo assidui e diligenti, i risultati dei collaudi.

Ecco questi risultati:

Sulle Parson il collaudo più esatto ed importante è quello eseguito nel 1900 dai signori prof. Schröter, di Monaco, prof. Weber, di Zurigo, ed ing. Lindley, di Francoforte, sui turbo-alternatori di Elberfeld. Ecco le cifre brillanti, d'onde risulta che una motrice a stantuffo equipotente non avrebbe dato consumi specifici sensibilmente minori.

Risultati delle turbo-dinamo Parson di Elberfeld.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kw	Pressione media Kg.—cm²	Temp. corrispon. vapore saturo	Temp. reale	Surriscaldamento	Calore totale calorie	Vapore per Kw ora chili	Calorie per Kw ora	Giri	Vapore per HP elettr. ora chili
Sovraccarico	1190.1	10,11	179,3	189,5	10,2	666	8,81	5867	1486 6	6,47
Carico normale	994.8	10,47	180,9	192,0	11,1	667	9,14	6096	1461	6,72
3/4	745.3	10,76	182,—	190,0	8,	665,8	10,12	6738	1470	7,44
1/2	498.7	10,40	180,6	209,7	29,1	675,6	11,42	7715	1473	8,39
1/4	246.5	10,14	179,4	196,4	17,0	669,4	15,31	10248	1485	11,24
A vuoto	0	10,49	181,—	194,5	13,5	668,2	—	—	—	—

REGOLAZIONE

Da	Tolgo	Scarto massimo velocità	Scarto tra le velocità di regime
Kw 1086 a Kw 840	196 Kw ossia 16.3 %	1,75 per cento	1,08 per cento
790 590	200 » 26 %	1,28 »	0,63 »
590 400	190 » 30.5 %	1,36 »	0,63 »
500 306	194 » 36 %	1,62 »	0,75 »
292 204	88 » 27 %	1,37 »	0,74 »

Ecco i risultati di recenti esperienze sopra una Laval.

Esperienze sopra una turbina Laval a Pötschmühle (Germania), 1901.

Durata	ore	5,15	
p (caldaia)	atm.	10,47	T = 213,4° (saturo 185,0)
p (alle valvole regolatrici)	atm.	10,28	T = 192,3° (saturo 184,2)
p (all'ugello) . . .	»	8,61	
Vuoto	cm.	68,53	
Numero ugelli . . .	»	8	
Giri secondari . . .		755	
HP_e		342	
Vapore per HP_e-ora . .	chili	7,012	

Parzializzazione.

Ugelli aperti	Pressione all'ugello	Giri (secondari)	HP_e	Consumo vapore per HP_e-ora e chili
8	atm. 8,6	754	342,1	7,012
6	» 8,5	760	252,6	7,12
4	» 8,5	750	165,0	7,27
2	» 8,5	762	74,5	8,05
1	» 8,5	762	30,8	9,74

Sono questi, come ognuno vede, risultati favorevoli.

I consumi specifici di vapore garantiti dalla Casa Brown-Boveri alla Società Edison di Milano, per i turbo-alternatori Brown e Parson, che si montano nella Centrale di Porta Volta, sono i seguenti:

Con vapore a 12 atmosfere alle valvole d'ammissione:

a 2000 Kw.	vapore	saturo . . .	9,7 Kg. per Kw.-ora
a 2000 »	»	surriscaldato a 250°	9,0 » » »
a 3000 »	»	saturo . , .	8,5 » » »
a 3000 »	»	surriscaldato a 250°	7,8 » » »

Con motrici a tripla o quadrupla espansione di eguale potenza si potrebbero garantire consumi un po' minori; è probabile però che i costruttori sperino dalle prove risultati più favorevoli dei garantiti.

Ecco infine alcuni recentissimi risultati ottenuti dal prof. Weber, di Zurigo, da un turbo-alternatore Brown-Boveri di 400 Kw., 3000 giri, a sole 7 1/2 atmosfere:

a 400 Kw.	Kg. 10,50	per Kw.-ora	(garantito	12,50)	vapore saturo
a 300 »	» 11,27	» »	(»	13,07)	»
a 200 »	» 12,80	» »	(»	14,00)	»
a 100 »	» 17,35	» »	(»	16,50)	»

Vantaggio del surriscaldamento:

a 414 Kw. e 41°,4 di surriscaldamento, guadagno 6 0|0, ossia 1 0|0 ogni 6°,9 gradi
a 212 » e 41°,6 » » » 7 0|0, » 1 0|0 » 5°,8 »

Navigazione a turbina.

L'idea di portare la turbina a bordo delle navi per sostituirvi le motrici a stantuffo, si presentava spontanea; col seducente miraggio di diminuire notevolmente lo spazio occupato, il peso, e di togliere le vibrazioni così caratteristiche, sensibili e moleste delle ferree navi.

L'economia di spazio e di peso diventa, a bordo delle veloci navi moderne, questione di vitale importanza, sempre più acuita dalle forze sempre crescenti che richiedono.

E l'aumento di forza è, come sapete, una conseguenza immediata dell'aumento di velocità — la forza cresce col suo cubo — e dell'aumento del disloco. Quale forza motrice richieggano le maggiori e più famose navi moderne, dicano le cifre della seguente tabella, ove ho raccolto le caratteristiche principali di quattro famosi transatlantici, tre tedeschi ed uno inglese. Per dare un'idea della grandiosità e dello spazio occupato dalle motrici, basta dire che le motrici del *Deutschland* sono alte 15 metri e lunghe 18, cifre queste che dimostrano come un motore, per sua natura più leggero, più semplice e meno ingombrante dell'attuale, sarebbe accolto con gioia dai costruttori navali.

Era giusto ché l'audace tentativo di portare a bordo le turbine fosse fatto in Inghilterra, patria del Parson (1), culla della grande nave moderna, il paese dalle più antiche e gloriosi tradizioni navali, sempre pronto ad ogni arditezza.

La Società « The Parsons Marine steam Turbine Co. », costruisce nei suoi cantieri di Wallsend on Tyne, delle navi a turbina, ed il cammino da esse percorso è indicato nella seguente tabella:

(1) Vedi anche: C. A. Parson, « The Marine steam Turbine », *Transaction of the Institution of Shipbuilders in Scotland*. — Glasgow, 22 gennaio 1901.

Nave	Anno del varo	Costruttore	Lunghezza in metri	Larghezza in metri	Forza in cavalli	Tonnellaggio lordo in *tons*	Velocità in nodi	Proprietario	
				Transatlantici.					
Deutschland	1900	Vulcan-Stettino	208	20.20	37.000	15500	23.3	Compagnia Amburghese	
Celtic	1901	Harland e Wolf-Belfast	213	22.80	16.000	20880	17	White Star Line	
Kronprinz Wilchelm	1901	Vulcan-Stettino	202	20.10	32.000	14800	23.4	N. D. L. Brema	
Kaiser Wilchelm d. II	1902	Vulcan-Stettino	216	21.90	42.000	19300	23.5	» » » »	
				Navi a turbina.				Giri delle eliche	Alberi motori
						(Disloco)			
Turbinia	1898	Parson	30.5	2.75	2.300	44.5	34.5	2000	3
Viper	1900	Parson	64	6.4	11.000	370	36.5	1100	4
Cobra	1901	Parson	71	6.4	12.000	480	36	1100	4
King Edward . . .	1901	Parson e Denny	76	9.3	4.000	1100	20	700 e 1000	3
Transatlantico . . .	progetto	—	190	20	38.000	18000	25	—	4

Un'occhiata alle tre prime colonne dice quali eccessi sono necessari, riguardo alle forze, per raggiungere i 35 nodi di velocità! Ci sarebbe da chiedersi se sono cifre del manicomio o della realtà! Capisco che qualche volta è lo stesso! E del resto sono indispensabili per correre sul mare colla velocità dei treni direttissimi! Dubbio è invece se sia proprio indispensabile di correre in tal modo!

La piccola *Turbinia,* con un disloco di 44,5 tonn., ha 2300 cavalli per raggiungere 34,5 nodi; forza sufficiente ad una nave di 3000 tonnellate nette per filare a 10 nodi, una velocità modesta, ma perfettamente accettabile. I suoi pesi sono: macchinario, tonn. 22; scafo ed accessori, tonn. 15; acqua e carbone, tonn. 7 1|2. Il peso del macchinario, ridotto a circa 10 kg. per cavallo indicato, è d'una piccolezza sorprendente; le numerose prove di consumo diedero risultati eccellenti, poichè il consumo specifico si aggirò attorno ai 700 grammi di carbone per cavallo-ora; una motrice a stantuffi equipotenti non avrebbe richiesto meno.

Dopo la *Turbinia,* fu costruito il *Viper,* un cacciatorpedini per la Marina militare, assai più potente dei comuni, poichè con sole 370 tonnellate di disloco, aveva 11.000 cavalli. Questa nave mantenne, per dirla all'inglese, il *record* delle velocità, poichè raggiunse in regime 36,85 nodi, ossia circa 69 chilometri all'ora! Durante una recente manovra della squadra inglese, fu spinta, in un periodo nebbioso, contro una delle famose roccie della Manica, infrangendosi e perdendosi completamente; e fu vera fortuna se l'equipaggio ebbe salva la vita.

Il *Cobra,* cacciatorpedini gemello del *Viper*, ebbe tristissima fine nel 18 settembre scorso, sulla costa inglese del Mare del Nord, proprio durante il suo primo viaggio da Newcastle, dove fu varato, a Porthsmouth; morirono sessanta marinai e dieci ingegneri della Casa Parson, mentre studiavano l'azione del nuovo motore. La causa del disastro è ormai certa, giacchè la Commissione d'inchiesta nominata dall'Ammiragliato inglese e l'opinione dei competenti l'indicarono nell'estrema debolezza dello scafo, spinta a limite pericoloso, appunto per assegnare al motore la parte del leone nella divisione dei pesi; basti dire che su 480 tonnellate di disloco, il solo motore pesava tonn. 183, superando così di circa 25 tonnellate il peso previsto e calcolato. La turbina uscì pura ed assolta dal grave dibattito.

Il *King Edward* è un pacifico borghese che fila dolce e tranquillo 20 nodi all'ora, nave tutta linda, elegante, varata nello scorso aprile nel cantiere Denny, presso Glasgow, per fare gli onori di casa agli ospiti attratti dall'Esposizione; nave comodissima, come potei constatare io stesso, che mantiene la sua velocità senza scotimenti e vibra-

zioni, ed ha tre eliche e tre alberi motori: il mediano, con una sola turbina, non serve che per marcia avanti; i laterali, ognuno con due turbine, servono per doppia marcia. I risultati tecnici ed economici di questa nave sono brillantissimi, del che testimonia la nuova ordinazione di un nuovo battello identico, data dalla stessa Società proprietaria, allo stesso cantiere.

Esso avrà un posto d'onore nella storia della navigazione, perchè è la prima nave a turbina data al servizio pubblico. Ed è ben giusto che scorra su quelle acque della Clyde, che ebbero il vanto di accogliere nel 1812 il *Comet*, la prima nave a vapore costruita in Europa per servizio pubblico, dallo scozzese Bell.

Infine, il transatlantico è ancora allo stato di progetto, come è allo studio una nave a turbina pel servizio della Manica, tra Dieppe e Newhaven.

Attualmente la Compagnia Parson, che nella disgrazia attinge nuova forza all'arduo cammino, ha in costruzione, oltre alla nave gemella del *King Edward*, tre *yachts* a gran velocità, due di 1400 tonn. per l'America, il terzo, minore, di 180 tonn., per l'Inghilterra.

Dissi dello svantaggio gravissimo della turbina di non essere riversibile. Qui devo ripeterlo, perchè a bordo è complice pronto e spaventoso di quelle disgrazie, che in mare diventano facilmente orribili disastri. La ferrea nave moderna non teme il mare grosso, perchè l'onda furiosa si spezza impotente sui fianchi d'acciaio; grave paura è invece l'investimento contro altra nave o contro scoglio. In simili casi la vita della nave, e delle centinaia o migliaia di persone imbarcate, dipende dalla rapidità colla quale può arrestarsi e retrocedere. Pochi secondi di ritardo possono riescire fatali!

Orbene, le motrici di Watt, sieno pure colossi di migliaia di cavalli, s'arrestano in pochi secondi, mediante efficace contro-vapore, e così invertendo la marcia, l'intera forza disponibile è data al frenare e retrocedere. La manovra si compie rapidamente ed il colosso, suo malgrado, s'arresta e retrocede.

Nelle sue navi il Parson dovette applicare in testa a due alberi motori, due turbine per marcia indietro, che nella marcia avanti girano a vuoto in uno spazio rarefatto, onde non opporre notevole resistenza, e sono assai minori e meno potenti delle prime. Hanno in regime, ossia a velocità normale, forza minore del decimo della principale. E questa forza frenante, tanto minore di quella per marcia avanti, non può svilupparsi se non quando le turbine principali solidali non sieno arrestate e non abbiano iniziata la rotazione contraria. Il tempo necessario all'arresto è difficile a calcolarsi per la turbina

marina dell'elica. Però è facile immaginare che, date le grandi masse velocemente rotanti, sarà di gran lunga maggiore che nel caso precedente; non saranno secondi, ma primi, a meno di ricorrere a freni speciali difficili a pensare, più difficili ad eseguire. Solo dopo l'arresto si potrà contare sulla piccola forza frenante; epperò le turbine per marcia indietro dovrebbero essere più potenti o almeno eguali a quelle di marcia avanti. In tali condizioni, una nave a turbina spinta a gran velocità — e la velocità è appunto uno dei caratteri di queste navi — sembra un treno diretto senza freno e senza contro-vapore, o tutt'al più con una piccola forza per marcia indietro. Ancora il treno va dove va la rotaia, mentre la nave non guida rotaia, e spesso non sa, nè può saper dove va. È questa la sicurezza del navigare colle motrici di Watt?

Non dubito che i costruttori sapranno con acconcie disposizioni attenuare l'inconveniente. Ma esso è gravissimo, sia in sè stesso, sia perchè insito nella natura del motore e quindi inevitabile. Dove l'inversione è necessaria, ossia nelle maggiori applicazioni, è una debolezza della turbina rispetto alla motrice di Watt.

Conclusione.

La turbina a vapore lotta colla motrice di Watt in condizioni difficilissime; assalta la rocca nel punto più fortificato, nella parte costruttiva, mirabile perfezione di un'epoca perfezionata, geniale lavoro accumulato di quattro generazioni. Nel punto debole, la termodinamica non può attaccarla, perchè la sua termodinamica è la medesima. Eguale il ciclo, il vapore, il salto di temperatura; l'unica differenza sta nel modo di eseguire una delle fasi: l'espansione, la quale è, o dovrebbe essere, riversibile nella motrice a stantuffo, non riversibile nella turbina. Il lavoro che il vapore consegna allo stantuffo è, almeno in teoria, identico a quello che il getto consegna alla ruota.

Nessun miglioramento è quindi attendibile da migliorato concetto fondamentale! Il vantaggio della turbina è, come dicemmo, tutto costruttivo, tutto dispositivo. Grande senza dubbio, ma assai difficile a conseguirsi! Il vapore, che da un secolo lavora per espansione riversibile alla felicità degli uomini, sembra ribellarsi a nuove pastoie. Ciò spiega perchè la turbina Parson, entrata dieci anni or sono nelle centrali elettriche inglesi (1), vi ha progredito con lentezza stranissima in

(1) A Newcastle ed a Cambridge.

un'epoca di gran velocità, lentezza che per antitesi rammenta la gran velocità colla quale una nuova motrice a stantuffo contemporanea, la Willans, dilagò in quelle centrali.

Io non credo che la turbina attuale abbia risolto in modo soddisfacente le difficoltà costruttive, non la credo matura alle applicazioni industriali, ma ancora troppo delicata e bisognosa di sorveglianza intelligente ed assidua. Che dire poi della non riversibilità?

Il suo ingresso nelle centrali elettriche non ha gran significato. Vero è infatti esser queste in condizioni assai favorevoli alla turbina, vuoi pel gran numero di giri che possono utilmente applicare, vuoi pel personale istruito di cui dispongono. Vero è ancora che le motrici, specie nelle centrali d'illuminazione o di riserva, v'entrano spesso a sonnecchiare, guardie nobili che attendono bisogno o capriccio di S. E. il pubblico o di madre natura.

Ben altre, o signori, le tradizioni diligenti e laboriose della motrice di Watt, del bonario colosso marino che vi salva dopo orribili lotte cogli elementi infuriati, della motrice di tessitura, di filatura, del molino, della miniera, che va da mane a sera e da sera a mane, che non si ribella mai neppure a mani. rozze ed inesperte, che non conosce capriccio, nè riposo, e va, va e combatte sempre anche perdendo sangue da tutte le parti, come Rolando nella canzone di gesta.

A simili strapazzi la turbina a vapore non resiste! L'hanno provata, ma, a quanto mi consta, senza successo. Oggi reputo quindi imprudente affidarle la vita di certe industrie, e peggio quella di uomini.

Sono vent'anni dacchè iniziò l'ardua lotta colla motrice di Watt, ed è ancora lungi dalla vittoria! Ciò non deve meravigliarvi, o signori, perchè si tratta d'una grande trasformazione. Le grandi trasformazioni non si debbono mai alla bacchetta magica; esse attraversano sempre un calvario doloroso e difficile, ove muoiono o si purificano; esse richiedono un largo tributo di lavoro, di dolore e di sangue. Legge fatale è questa, che la via del progresso sia fiume di sangue!

Non credo che la turbina a vapore morrà, credo che continuerà a perfezionarsi sino a diventare realmente una macchina pratica. Non ho potuto parlarvi che della Parson e della Laval, le uniche che da parecchi anni funzionano nelle centrali elettriche. Altri tipi sono allo studio, per esempio, la Rateau, e forse da un giusto connubio dell'azione colla reazione, o dalla suddivisione del salto totale in salti parziali ad azione, si potranno diminuire quelle difficoltà costruttive che oggi non mi sembrano superate! L'idea è sana, è giusta, e le idee giuste sono fatte d'acciaio; resistono alla calunnia e contro esse le difficoltà si spezzano, come l'onda furiosa si spezza impotente sul granitico scoglio!

Guardiamoci intanto dalle esagerazioni, e non manchiamo di rispetto alla motrice di Watt, dicendo o, peggio, scrivendo che è moribonda! Non è vero, signori, essa è più viva che mai. La vecchia gloriosa è ancora una pietra miliare, una colonna d'angolo del grande edificio industriale. Questa è la verità, non perchè la dico io, ma perchè scaturisce dall'esame imparziale ed oggettivo dei fatti! Cantiamola presso le orecchie degli industriali, affinchè l'odano.

Signori!

La storia dei secoli scorsi è principalmente storia di guerre, battaglie, invasioni, abusi, leggi sociali; poco narra d'industria, chè l'industria aveva poca importanza. Unica nota gentile l'arte, l'arte non sempre morale e pura, perchè spesso cortigiana, sempre alta e soave. In essa altissima, soavissima l'arte italiana, che ha stupito i secoli, ingentilito il mondo! La storia nostra e futura dirà ancora di battaglie, guerre ed abusi, che saranno finchè saranno uomini; sarà meno estetica ed artistica, ma radicalmente diversa dall'altra, perchè dovrà prima di tutto e più di tutto dire la gloria del lavoro redento, dell'industria, della tecnica, che è gloria dell'onesta macchina! Saranno questi, o signori, i suoi capitoli sublimi, i soli degni d'un popolo altamente civile! In questi capitoli la motrice di Watt, dovesse pur cadere trafitta al cuore dalla turbina a vapore, non sparirà mai! V'ha scritto, e vi scrive, delle pagine immortali!

Nota. — Per gentile invito della Società Tecnica Emiliana, questa conferenza fu ripetuta a Bologna, alla sede di questa Società, la sera del 15 febbraio 1902.

DISCUSSIONE.

(*Sede di Milano — 10 febbraio 1902*).

Nota. — M'è parso utile allegare la discussione provocata. Richiesi alla cortesia degli onorevoli signori ingegneri Barzanò e Belluzzo il testo delle loro osservazioni, il quale è, a maggior chiarezza, stampato in caratteri *corsivi*. A mia volta comunicai a questi Signori il testo delle mie risposte, prima di pubblicarle.

U. A.

Il Presidente, on. prof. Zunini, apre la discussione sulle turbine a vapore, leggendo una lettera della Casa Oerlikon, nella quale è detto che « *in seguito al silenzio mantenuto dal sig. prof. Ancona nella sua conferenza sulle turbine Rateau, il nuovissimo tipo costruito dalla nostra Casa, crediamo opportuno d'aggiungere una nostra comunicazione su questo tipo, in una prossima adunanza dell'Associazione* ».

Dà quindi la parola al prof. Ancona per alcune dichiarazioni.

Prof. Ancona. — Vi prego di concedermi pochi minuti — non li meriterei davvero dopo i molti del lunedì scorso — per alcune brevi dichiarazioni.

Dico anzitutto, sia pur superfluo, che ho studiata la turbina soltanto come motore; altri campi non invasi, nè mi occupò la questione elettrica da essa nata. Non sapevo e quindi non dovevo farlo; saprà e dovrà farlo uno dei bravi elettricisti consoci. Suppongo anzi che su tale argomento debba svolgersi la discussione futura, poichè le turbine a vapore non mi sembrano prestarsi ad ampie discussioni.

Dico ancora che mi soddisfa l'interesse destato dalla conferenza, il quale, se ben giudico il concorso d'uditori, e lo scrivermi di molti, varcò l'àmbito della nostra Associazione. Del che ha lode non il nome mio modestissimo, ma l'attrazione dell'argomento.

Ma appunto perciò, voglio che le mie conclusioni non sieno falsate, il che sembra avvenuto, dal giungere al mio orecchio l'inizio d'una leggenda che mi dice completamente avverso e scettico alle turbine a vapore. Chi mi ha udito non può dirlo.

Non ho letto, ho parlato; prima di parlare scrissi, e la conferenza sarà presto stampata. Ora m'accadde, come spesso suole, che mentre scrivendo pensai a svolgere l'argomento come meglio sapevo, parlando dovetti pensare ancora ai limiti di tempo d'una conferenza, e perciò lavorare non di lima, ma di coltello, a volte di scure, nelle misere carni del misero figlio mio. Permettetemi ora di leggervi gli ultimi periodi del manoscritto ai quali ho consegnato il mio giudizio. Alcuno li avrà letti in un giornale mattutino politico di Milano poche ore dopo ch'io ebbi detto. A spiegare tale coincidenza, dirò, come quel giornale avesse pregato un nostro egregio Collega, qui presente, di scrivere un breve resoconto della mia conferenza, e come questo Collega — egli è l'onestà e l'esattezza — volesse da me stesso le conclusioni, ond'io le consegnai in quei periodi.

Ora leggo (1): . . . .

. . . .

È questa la parola di uno scettico? (2).

Un mio illustre Collega, uno dei più valenti e stimati tecnici di Milano, mi disse: « *Fosti equanime* ». Tale volli essere sovratutto e prima di tutto. Volli essere onesto là dove molti furono cortigiani; dissi la verità, perciò non fu il mio nè il canto dell'amore, nè l'illiade del dolore.

Ora un'altra dichiarazione, mio malgrado, personale. La Casa Brown Boveri, che tutti stimiamo, mi scrisse lagnandosi del mio accenno pessimista alla turbina Wild e Abegg di Torino. Non ricordo le mie parole alla fine della conferenza, sul cattivo esito delle prime esperienze di Torino. Dichiaro però lealmente che forse la parola diede al fatto maggior rilievo e crudezza di quanto desiderai. Il fatto non ha importanza; l'accennai secondo documenti autentici, perchè la turbina Wild fu la prima tra noi, come accennai ai risultati brillanti d'Elberfeld; nel manoscritto non è neppure menzionato! Le Parson che vivono da parecchi anni in altri paesi, vivranno anche in Italia dove il clima è salubre. Si tratta di vedere come e quanto.

Avrei finito. Ma la lettera della Casa Oerlikon letta testè m'obbliga a nuova dichiarazione. Tra quelle righe m'è parso un lagno pel mio silenzio sulla Rateau; alla quale non feci invero che il fugace accenno lettovi ora nella conclusione. Rispondo con una osservazione

(1) Qui legge le conclusioni. Vedi pagina 102.

(2) Vedi ANCONA, *I motori termici ed idraulici all'Esposizione di Parigi del 1900.* « Il Politecnico », Milano, 1900 1901.

non meccanica nè elettrica ma semplicemente logica, di quella povera logica che l'interesse fa perdere così spesso di vista. Signori, il fatto d'oggi è storia domani, com'è storia d'oggi il fatto d'ieri. La Rateau è un fatto d'oggi, anzi di domani — la stessa Casa lo scrive — non è storia d'oggi. Non potevo dunque metterla a paro colla Parson e colla Laval. Vidi la Parson da almeno dieci anni nelle centrali elettriche inglesi (1), e circa sette anni or sono, quando ebbi l'onore di conoscere in Svezia il dott. Laval, le sue turbine erano nelle centrali elettriche svedesi; noi ebbimo una Laval, in prova, al nostro Politecnico, circa quattro anni or sono. Naturale dunque il silenzio.

Quanto alle promesse di venire tra noi, con notizie e disegni sulla Rateau, sieno rose destinate a fiorir presto. Possa la Casa Oerlikon inspirare la stessa fiducia d'imparzialità, che inspiro io, che scrivo e parlo per ver dire, che nulla lega alle Società, le quali non difendo nè combatto.

Domanda la parola il sig. ing. Barzanò.

Ing. Barzanò. — *Nella conferenza del prof. Ancona, che l'Assemblèa ha seguito con tanto interesse, è fatto riferimento alle formole teoriche dell'efflusso del vapore. Io, per parte mia, sono alquanto scettico in merito alle conseguenze pratiche che da tali formole possono dedursi, e consiglierei i costruttori di fare, come ha fatto, per esempio, il Rateau* (2), *delle esperienze, ciascuno per proprio conto, sui particolari tipi di luci d'efflusso. Ricordo che le identiche formole teoriche, proposte già fino dal 1863* (3) *e adoperate poi a tredici anni di distanza da un teorico eminente come Zeuner, pur mantenendosi invariato l'esponente 1.135 della legge d'espansione, condussero a quel po' po' di divergenza nei risultati, che si rileva dalla tabella in calce; risultati, i quali, nè gli uni, nè gli altri, coincidono con quelli di Ser, assai meglio accordantisi coll'esperienza.*

---

(1) Vedi: *Test of 100 Unit Steam turbine dynamo*, by professor Ewing. — Thomas Scott, Newcastle on Tyne, 1893. — *Trial on Parsons' Steam turbine dynamo*, by professor Kennedy, Newcastle on Tyne, 1893.

(2) *Rapport sur les turbines à vapeur* — Congrès International de Mécanique appliquée du 19 au 25 juillet 1900, T. III, pag. 100.

(3) *Lokomotivenblasrohr*, 1863, pag. 84.

Pressione assoluta del vapore in atmosfere	Velocità d'efflusso nell'atmosfera in metri			Peso effluente in chilogrammi al secondo da un orificio di 1 mq. di area		
	Zeuner 1877 (1)	Zeuner 1890 (2)	Ser (3)	Zeuner 1877	Zeuner 1890	Ser
2	481	430	353	304	308	393
4	681	439	389	448	604	819
8	834	449	405	572	1183	1602
12	913	454	414	640	1753	2341

NB. — Le velocità non sono direttamente confrontabili, ma solo i pesi.

Giova a questo proposito non dimenticare che in fatto di macchine a vapore la teoria non fu mai altro che un'umile ancella che seguì zoppicando la pratica, e che è tuttora ben lungi dall'averla raggiunta. La macchina a vapore ideale, quale uscì dalle investigazioni della termodinamica, è una concezione di inestimabile valore teorico, ma l'applicazione diretta, che se ne è voluto fare allo studio della macchina a vapore reale, ha introdotto nell'insegnamento dei concetti completamente erronei. Fino a venti anni fa, o giù di lì, si è continuato a insegnare nelle scuole, secondo Clausius e Rankine, che il vapore si condensa nei cilindri durante la fase d'espansione, mentre non è mai esistita una macchina dove non accada precisamente l'opposto e mentre umili pratici e modesti docenti (4), *il cui nome sarà completamente spento*

(1) *Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie*, seconda edizione (ristampa), 1877, pag. 414 (Vedi anche i risultati affatto inattendibili che v. Burg, *Ueber die Wirksamheit der Sicherheitsventile*, 1879, derivò da codesti numeri, sconfessati poi da Zeuner stesso, *Technische Thermodynamik*, 1890, vol. II, pag. 166).

(2) Ibid., pag. 167, e seconda edizione, 1901, vol. II, pag. 168.

(3) Ser, *Physique industrielle*, 1888, vol. I, pag. 273.

(4) Combes, *Comptes-rendus*, 1843, 3 aprile e 20 novembre, e *Traité de l'Exploitation des mines*, 1845, pag. 550, 555, 562.

Le Chatelier, Flachat, Perdonnet, *Guide du mécanicien*, 1851, pag. 155, 196, 308, 517, 535.

Clark, *Railway machinery*, 1855, pag. 74, 76, 77, 82, 83.

Thomas, *Cours de machines à vapeur professé à l'École centrale*, 1851-52, pagina 49 e seg., e altri, citati in Dwelshauvers-Dery, *Découvertes récentes concernant la machine à vapeur*.

quando quelli di Clausius e di Rankine brilleranno sempre di luce immortale, avevano fin da più di cinquant'anni fa riconosciuto che la vaporizzazione dell'acqua depositatasi durante la fase d'ammissione sulle pareti del cilindro è un fenomeno che accompagna sempre la espansione del vapore nelle macchine, quali si costruiscono da Watt in poi.

Facciamo dunque in modo che la legge adiabatica non ci induca, per le turbine a vapore, nello stesso errore in cui ci ha indotti per la macchina di Watt; e pure apprezzando le investigazioni teoriche, come un potente mezzo d'indagine, guardiamoci dall'annettere loro un qualsivoglia valore pratico, finchè non abbiano subito il controllo dell'esperienza.

Un altro punto, strettamente connesso col precedente, e sul quale volevo richiamare la vostra attenzione, è il seguente: Il prof. Ancona ha emessa un'opinione, la quale, se ben l'ho capita, non si scosta da quella che egli ha esposto in altro pregevolissimo lavoro suo, dove si esprime così:

« *Il ciclo che svolgono* » (*le turbine a vapore*) « *è lo stesso identico ciclo delle motrici a manovellismo, solo sviluppano in altre condizioni la fase d'espansione. Ora, siccome il rendimento termico, e quindi l'economia generale di un motore, dipende esclusivamente dal salto termico, è naturale che non possa attendersi dalla turbina a vapore un'economia maggiore che dalle motrici a manovellismo* » (1).

Ora, se quanto alle premesse non è possibile dissentire dal professore Ancona, le conseguenze che egli ne deduce non mi paiono altrettanto ineccepibili:

1° Perchè il vapore passa attraverso alla turbina con una velocità ben maggiore di quella con cui attraversa il cilindro delle macchine ordinarie, e quindi minore è lo scambio di calore fra il vapore e le pareti metalliche;

2° Perchè nel vapore è eliminata una delle maggiori fra le cause, per le quali il consumo di vapore delle macchine ordinarie è tanto enormemente maggiore di quello che risulta dai diagrammi all'indicatore; è eliminata, cioè, quella causa di perdite, che Hirn chiama raffreddamento al condensatore, *perchè il vapore percorre la motrice sempre nello stesso senso e non vi sono parti alternativamente in comunicazione, ora col condensatore, ora colla caldaia.*

(1) Ancona, *Esposizione Internazionale di Parigi — Motori termici e idraulici* — « Politecnico », aprile 1901, pag. 247.

Questa circostanza darebbe ragione di aspettarsi dalla turbina a vapore un'economia molto maggiore che dalle motrici ordinarie a manovellismo, se non intervenissero altre cause, opportunamente ricordate dal prof. Ancona, le quali agiscono in senso inverso; prime di tutte le fughe di vapore, che pare debbano essere più sensibili nelle turbine per quanto ne sia perfetta la costruzione. A queste brevi osservazioni spero che altri colleghi ne faranno seguire di ben più interessanti, corredate da dati pratici originali, che sgraziatamente io non posseggo.

Il prof. Ancona risponde:

All'osservazione del chiarissimo ing. Barzanò sulle velocità d'efflusso dei vapori, rispondo prima di tutto che, come già dissi, non potevo svolgere la teoria dell'efflusso, ma solo indicare le formule oggi generalmente usate. Ho quindi date le formule adoperate anche da Zeuner nelle ultime edizioni e le mie tabelle numeriche sono tolte precisamente dal suo recentissimo (1899) volume sulla teoria delle turbine, dove tratta la turbina a vapore Laval. La tabella del signor ing. Barzanò indica realmente una grande differenza tra le velocità date da Zeuner nel 1877 e nel 1890; le ultime sono le w_m della mia tabella a pagina 13. Ma l'ing. Barzanò sa benissimo donde provenga tale diversità. Come il Zeuner dichiara a pagina 166 della *Termodinamica* del 1890, tale differenza proviene dal non aver egli tenuto conto, nelle sue prime edizioni, dell'ipotesi di Saint-Venant e Wantzel e del Napier (ipotesi che proviene dalla discussione delle formule di efflusso), e cioè che nella sezione minima d'efflusso della bocca comune, non si stabilisca la pressione esterna p_e ma bensì la pressione p_m, ben inteso quando ciò sia possibile, ossia quando $p_i < p_m$. Allora la velocità d'efflusso diventa w_m, e s'aggira nei casi comuni attorno ai 450 metri come indicano le mie tabelle, e la seconda colonna della tabella Barzanò. Quando Zeuner nelle sue prime edizioni non teneva conto di tale ipotesi — razionale e confermata dalle esperienze — otteneva naturalmente per velocità d'efflusso, quelle della prima colonna della tabella Barzanò, che sono in realtà le velocità d'efflusso non più per una bocca comune, ma bensì per una bocca Laval, come sembrami aver chiaramente indicato nella conferenza. La differenza tra le due prime colonne della tabella Barzanò, si riproduce, in senso inverso, tra la quarta e la quinta riguardante i pesi. Le due colonne Zeuner della tabella Barzanò sono dunque entrambe giuste, quando s'interpretino nell'unico modo giusto, e cioè la prima come velocità d'efflusso da bocca Laval, la seconda come velocità nella sezione minima.

Quanto alle velocità Ser (terza colonna tabella Barzanò), osservano e il Barzanò e lo stesso Ser (op. cit., pag. 282), che non sono confrontabili colle velocità Zeuner, riferendosi queste a vapore dilatato, quelle a vapore compresso. Confrontabili dovrebbero essere i pesi, come dice il Barzanò, e la differenza è ancor grande, per quanto minore della precedente, e di quella indicata dal Ser nel 1888, quando riportava la vecchia tabella Zeuner, poi sconfessata. Qui dirò solo che le formule Zeuner, derivano direttamente ed esclusivamente dalla Termodinamica, con sviluppo che mi sembra più razionale e rigoroso di quello del Ser. Nell'ultima edizione dell'anno scorso (1901) Zeuner le ridà riportandole, colle tabelle, dall'edizione 1890 e notando che furono riconfermate dalle ultime esperienze, comprese quelle del Laval. Per conto mio considero Zeuner la più alta autorità in materia, quindi mi attenni qui, come m'attengo nelle lezioni, ai suoi risultati.

Quanto all'influenza della teoria sulla motrice a vapore, vero è che seguì la pratica, sia pur zoppicando, come dice l'ing. Barzanò. Ciò nonostante l'on. Ingegnere non crederà certo che io, professore di meccanica, approvi l'epiteto *d'umile ancella*, nè l'affermazione che sienvi nell'insegnamento concetti completamente erronei. Dirò soltanto la mia sorpresa che frasi simili vengano proprio da un tecnico eccezionalmente colto com'Egli è, e come ognuno sa. Svelare i segreti delle motrici termiche, dissipare le nebbie ond'erano avvolte, scendere giù giù nella natura intima del fenomeno, metterlo alla luce del sole, mostrarlo chiaro e lampante alla mente studiosa, è questo opera d'umile ancella o di dama sapiente? La Termodinamica è la chiave di volta dei motori termici; chi non capisce quella non capirà mai questi!

Quanto all'osservazione sul ciclo è verissimo ch'io la dissi e scrissi, e prima e poi. Essa è giusta e logica. Se nelle turbine a vapore si fosse sempre messo all'avanguardia un concetto tanto semplice, chiaro e suggestivo, molte inesattezze si sarebbero risparmiate, nè sarebbesi detto il loro ciclo migliore dell'altro! Certo i vantaggi termici indicati dall'egregio ing. Barzanò sono verissimi ed importantissimi, nè io mancai di insistervi nella conferenza, procurando anzi di renderli evidenti con una frase arrischiata là dove dissi che l'asse delle temperature è l'asse longitudinale della turbina! Mi permetta però l'ingegnere Barzanò d'osservargli che riguardo al ciclo teorico, essi non sono vantaggi; sono diminuzione di svantaggi opposti alla sua realtà. L'idea teorica fondamentale non può occuparsene; lascia alla pratica il constatarne i benefici effetti!

Domanda la parola il sig. ing. Belluzzo.

Ing. Belluzzo. — *Il valentissimo prof. Ancona, al quale rendo l'omaggio che come alliero devo al mio professore, parlando delle turbine Parson mi sembra abbia accennato al fatto che il numero di giri di questa turbina può essere diminuito frazionando ulteriormente il salto totale utilizzato nell'espansione del vapore, ossia aumentando il numero delle coppie distributore-ruota mobile.*

A me sembra che il numero di giri di una Parson, per uno stesso numero di coppie distributore-ruota mobile e per uno stesso valore del diametro possa essere ulteriormente diminuito, ed ecco come:

È noto che di due turbine idrauliche delle identiche dimensioni ed utilizzanti lo stesso salto gira meno veloce, ossia ha una velocità di massimo rendimento più piccola, quella che ha un minor grado di reazione, ossia quella ad azione, se una delle due è tale; ed ammesso identico per le due ruote il grado di reazione quella che ha gli angoli minori.

In modo perfettamente identico si comportano le turbine a vapore, e poichè le Parson funzionano con un grado di reazione medio ed hanno angoli piuttosto forti, è chiaro che mantenendone invariati i diametri ed il numero delle coppie il loro numero di giri può diminuirsi:

a) *diminuendo gli angoli di uscita dell'acqua dal distributore e dalla ruota mobile;*

b) *diminuendo il grado di reazione della turbina, ossia costruendola in modo che l'espansione del vapore avvenga solo nei distributori.*

Io credo appunto che la soluzione migliore del problema di ridurre i giri di una turbina a vapore debba aversi dal tipo, nelle turbine idrauliche meno impiegato, ossia dalle turbine limiti. La turbina a vapore limite a ruote multiple, oltre al vantaggio di dare con uno stesso numero di ruote, un numero di giri sensibilmente minore di una turbina a reazione, avrebbe quello grandissimo di non dare nessuna spinta assiale, se le componenti delle velocità relative normali a quelle periferiche delle ruote sono eguali perchè la pressione dai due lati di ogni ruota mobile si mantiene costante. Con questo tipo l'espansione del vapore avverrebbe gradualmente nei successivi distributori, la sua velocità entro le ruote mobili sarebbe costante e costante ne sarebbe la sezione dei canali, quindi, a pari altezza, la larghezza. Di qui la possibilità di lavorare le pale con la fresa da un unico disco di materiale resistente laminato e di avere un coefficiente di sicurezza maggiore di quello

offerto dalle ruote con pale riportate come nelle Parson e nelle Rateau.

Il numero de' giri può ancora essere ridotto del 50 0/0 e quindi di almeno il 60 0/0 rispetto ad una turbina a reazione tipo Parson, superando delle difficoltà costruttive forse meno gravi di quanto a prima vista potrebbe sembrare, e facendo muovere, per reazione ed in senso inverso alle ruote mobili, i rispettivi distributori.

Se A B (V. fig. 6) è la velocità con la quale il vapore esce da un distributore di una turbina limite e C B è la velocità periferica

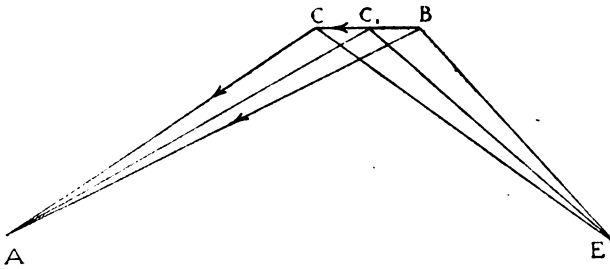



Fig. 6.

della ruota mobile, è C A la velocità relativa d'ingresso in questa e C E = C A quella di uscita, B E quella assoluta di ingresso nel successivo distributore.

Se invece i distributori sono mobili, A B è la velocità relativa di uscita da uno di questi, A C_1 è quella assoluta e C A ancora quella relativa d'ingresso nella ruota mobile.

La velocità periferica della ruota è:

$$C_1 B = \frac{1}{2} C B,$$

C E è ancora la velocità relativa all'uscita dalla ruota, E C_1 quella assoluta e B E quella relativa d'ingresso rispetto al successivo distributore.

La turbina risulta formata da due parti che ruotano in senso inverso, dalle quali si può facilmente trasmettere il movimento ad un unico asse (comando di una trasmissione o di un albero portaelica per le navi) od a ciascuna delle quali si può direttamente accoppiare un alternatore.

È questione di vedere se il vantaggio di una velocità ridotta ai limiti normali è sufficiente a compensare e la complicazione della costruzione e la lavorazione speciale ed accuratissima che una turbina così fatta richiede.

Credo che tale compenso si ottenga con l'applicazione di macchine utensili appositamente studiate per la lavorazione delle turbine; ammesso che la motrice a moto alternato venga soppiantata dalla turbina a vapore, è logico che anche le macchine operatrici che servono alla sua lavorazione vengano sostituite da altre macchine meglio rispondenti al loro ufficio, alle nuove esigenze della meccanica.

Il prof. Ancona risponde:

Vedo con piacere prender parte alla discussione in modo così competente il signor ing. Belluzzo, che diede amore ed ingegno alla soluzione del problema che ne occupa, ond'io gli auguro ogni successo.

L'idea da lui svolta sulla riduzione di velocità (vedi anche l'ultimo numero del giornale *L'Industria*), è giusta in principio.

Debbo fare però delle grandi riserve, non sulla possibilità — tutto è possibile — ma sulla convenienza d'attuarla. Far girare non solo il sistema di ruote, ma anche in senso inverso quello dei distributori, è idea arditissima, che reca certamente difficoltà costruttive maggiori delle già grandissime attuali. Sembrami anche difficile la regolazione della velocità di due alternatori, collegati ognuno con uno dei sistemi mobili.

Nessun altro domandando la parola, l'onorevole Presidente chiude la discussione.

Comunicazione sulla Turbina Rateau.

(Sede di Milano — 18 febbraio 1902).

Il Presidente dà la parola al prof. Ancona per la seguente comunicazione sulla turbina Rateau:

Nella nostra ultima riunione, l'onorevole Presidente lesse una lettera della Casa Oerlikon, la quale rilevava come nella conferenza non parlassi della turbina Rateau, e prometteva di farla oggetto d'una comunicazione. Dissi il motivo logico del silenzio; la Casa Oerlikon mi rivolse preghiera ond'io stesso parlassi della Rateau. Dapprima rifiutai, essendo ormai fuori causa, poi essendosi osservato poter io, più d'essa, inspirare fiducia d'imparzialità, e parendomi invero simpatico che nella nostra aula non s'odano che voci disinteressate, accettai.

Dirò quindi io stesso poche parole sulla turbina Rateau. Epperò la comunicazione cambia natura. Non parla la Compagnia Oerlikon: parlo io colla consueta indipendenza da costruttori ed interessati; parlo per dire, come soglio, il modesto pensiero mio francamente, senza riguardo a nessuno.

La Rateau è una turbina multipla col salto totale diviso in salti parziali ad azione, precisamente come la Parson è multipla col salto totale diviso in salti parziali a reazione; come nella Parson, la divisione del salto diminuisce la velocità angolare.

L'interno (vedi fig. 7 e 8) è diviso in camere isolate l'una dall'altra mediante diaframmi attraversati dall'asse nel collare (fisso al diaframma) che l'abbraccia. In ogni camera gira una ruota ad azione; la pressione vi è costante, e diminuisce gradatamente dall'una alla successiva. Ogni diaframma porta, di fronte alla corona di palette della ruota successiva, alcune serie di distributori equamente distanziati sulla periferia, non costituenti una corona circolare completa distributrice. Le turbine sono ad ammissione parziale; si tratta dunque

d'una successione di turbine Laval in serie, o anche d'una serie di turbine Girard assiali parziali.

Si noti subito che si può ora, anche senza aumentare il diametro, aumentare le sezioni di passaggio dei distributori, aumentandone il

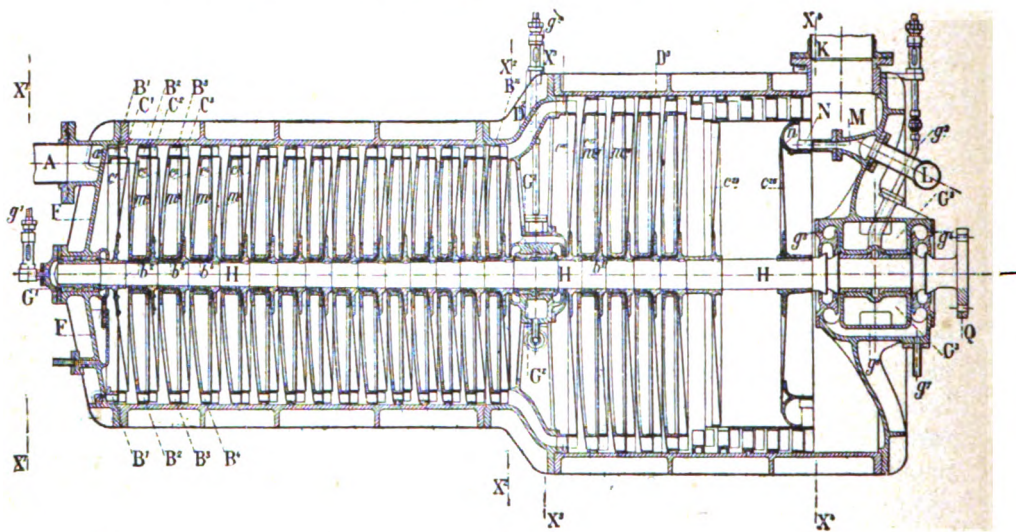



Fig. 7.

numero, ossia la lunghezza dei segmenti circolari distributori equamente spaziati attorno all'asse. Così avviene, ed è vantaggio.

Manca, ben inteso, l'ugello caratteristico del Laval, del quale parlai nella conferenza, poichè siamo nel caso d'efflussi a piccola differenza di pressione, e quindi a velocità d'efflusso minore di w_m. Le bocche distributrici sono bocche ben svasate con sezione d'efflusso minima; l'espansione avviene in esse e s'interrompe nella ruota mobile e nelle camere. Non è continua come nella Parson, ma intermittente. Ho detto che i diaframmi vanno ad attorniare l'asse con un collare; tra asse e collare non c'è contatto, ma un piccolissimo gioco, che non deve lasciare comunicare una camera colla successiva. Evidentemente questo gioco, che ha per sviluppo la piccola periferia dell'asse, è assai più facile a mantenersi del corrispondente di Parson, che ha per sviluppo la grande periferia dell'inviluppo.

Queste poche parole bastino a darvi un'idea della disposizione generale della Rateau.

Quali sono i suoi vantaggi?

Nella mia conferenza, quando parlai degli svantaggi della Parson, dissi della presenza di una forte spinta assiale, e quindi della neces-

sità di scaricarla mediante equilibratori, e di un piccolissimo gioco tra ruote mobili ed inviluppo, gioco che non deve superare 2 o 3 decimi di millimetro, affinchè non si produca notevole fuga di vapore su tutta la periferia di chiusura tra ruota ed inviluppo.

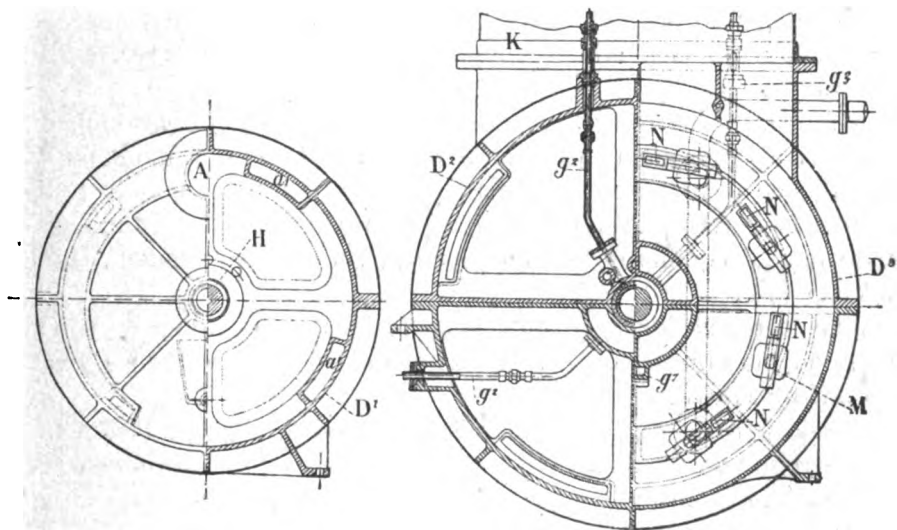



Fig. 8.

Dissi che l'economia d'andamento dipende dalla buona tenuta di questi stantuffi scaricatori, la quale è assai difficile, com'è difficile mantenere il gioco di pochi decimi di millimetro tra ruota ed inviluppo.

La Rateau, turbina ad azione, come la Laval, non ha spinta assiale; tutt'al più ne ha una piccolissima per l'attrito del vapore; gli equilibratori non sono più necessari, e non ci sono infatti; ciò è realmente un gran vantaggio, che arreca anche il vantaggio secondario di diminuire la lunghezza totale.

Un altro vantaggio, rispetto alla Parson, è la possibilità di lasciare tra ruota mobile ed inviluppo un gioco maggiore di 2 o 3 decimi di millimetro.

Infatti nella camera della ruota regnando ovunque la stessa pressione, il vapore non ha speciale tendenza a scaricarsi tra ruota ed inviluppo, onde si può lasciarvi impunemente un gioco di parecchi millimetri.

Nella Parson invece tale gioco non deve superare una piccola frazione di millimetro, appunto perchè, per effetto di reazione, v'ha differenza di pressione tra le due facce della ruota, onde il vapore tende

a scappare per quel gioco; ora il mantenimento di un gioco così piccolo, che l'inflessione del lungo cilindro tende a variare, mi sembra assai difficile.

Le turbine Rateau sono ad azione. Si noti che a pari condizioni la turbina ad azione è più lenta di quella a reazione; ne viene che a condizioni pari è possibile colla Rateau minore suddivisione del salto che colla Parson, cioè, minor numero di turbine. Così avviene infatti, ed è vantaggio.

La Rateau è veramente costituita da tante turbine. Diaframmi distributori e ruote mobili sono tanti pezzi isolati, che si montano in serie. D'onde il vantaggio di poter equilibrare esattamente una ad una le ruote leggerissime, fatte di lamiera di bronzo, e d'ottenere un complesso meglio equilibrato del corpo unico ruotante del Parson, che è d'acciaio fuso.

Infine la regolazione può farsi assai razionalmente. Nelle Parson si regola ad intermittenza o per strozzamento, e così pure nelle Rateau sino ad ora costrutte.

Essendo però la Rateau ad ammissione parziale, si presta facilmente ad una regolazione più razionale, in principio, dello strozzamento. Si può, ad esempio, armare il primo distributore di un otturatore circolare oscillante attorno all'albero sotto l'influenza del regolatore, ed aprente un numero maggiore o minore di distributori; precisamente come l'otturatore circolare d'una Girard parziale sotto il comando di un servomotore idraulico. È questa una regolazione razionale, che non è possibile nella Parson, dove l'ammissione è totale.

Tali, a mio parere, i vantaggi caratteristici delle Rateau; tra essi importanti, lo ripeto, la mancanza di spinta assiale e del gioco, piccolissimo, tra ruote ed inviluppo.

Un inconveniente delle Rateau dovrebbe essere la sua costruzione difficile e costosa. Essa è realmente costituita da tante turbine con ruote e distributori separati, onde il suo costo deve essere elevato. Nelle Parson tutte le ruote formano un corpo unico più economico, i diaframmi mancano e le palette sono assicurate all'inviluppo. Ben inteso però che tale inconveniente è relativo, nè menoma affatto i vantaggi di principio della Rateau, che la rendono, a mio avviso, meno delicata della Parson.

Aggiungo che le ruote mobili sono costituite da lamiere di bronzo, e portano le palette radialmente, come le Laval, pure in bronzo ed inchiodate. La corona di palette è avviluppata da un nastro di bronzo.

La rotazione nelle camere genera senza dubbio una perdita per l'attrito tra ruota e vapore, che però non deve essere importante. Del

che testimoniano le esperienze fatte sin qui, come testimoniano del piccolo consumo specifico, il quale non sembra maggiore che nelle Parson, nè v'ha alcun motivo perchè lo sia. Inutile insistere su questi consumi, ai quali accennai nel relativo capitolo della conferenza.

La Casa Oerlikon ha attualmente in costruzione i seguenti turbo-alternatori tipo Rateau:

1° Una turbo-dinamo per la « Centrale Elettrica » di Zurigo. 1000 Kw., giri 1500, vapore ad 8 atmosfere, surriscaldato a 230°; alternatore mono-trifase, tipo a ferro girante, con eccitatrice; periodi 50, volts 2000;

2° Una turbo-dinamo per la « Société de la Goule », Saint-Imier. 1000 Kw., giri 1500, vapore a 10 atmosfere, surriscaldato a 250°; alternatore a campo girante, 50 periodi e 5000-5500 volts;

3° Una turbo-dinamo di 400 Kw. per la « Centrale di Wädensweil » (Lago di Zurigo). Giri 2520, vapore saturo a 10 atmosfere, alternatore bifase a 700 volts e 42 periodi;

4° Una turbo-dinamo pel Comune di Ruti. 100 Kw., 3000 giri, 10 atmosfere, 2 generatori a corrente continua a 200-300 volts.

Ora concludo. La Rateau nasce oggi; il suo principio teorico e la sua disposizione mi sembrano giusti, la sua costruzione difficile e costosa; attendiamo il risultato delle prossime esperienze, sperando che non s'abbiano sorprese.

P. S. — Ho dato qui le sezioni della turbina Rateau, mentre nel testo della conferenza non diedi quelle della Laval e della Parson. Non vorrei che ciò potesse sembrare una preferenza. Così feci solo perchè le sezioni Laval e Parson (più o meno esatte) si videro a sazietà nei giornali tecnici degli ultimi anni, ond'io posso supporle note. La Rateau invece è una turbina nuova assai meno conosciuta. Tale l'unico motivo del diverso trattamento. *U. A.*

N. 7.

GLI ACCUMULATORI ELETTRICI
SULLA LINEA MILANO-VARESE

LETTURA

del Socio Ing. Giuseppe Cristoforis

fatta alla Sezione di Genova nella Seduta del 13 febbraio 1902

(Con 1 Tavola).

Nelle officine generatrici di energia elettrica destinate ad alimentare reti per trazione tramviaria, vanno occupando sempre più vasto campo le batterie di accumulatori cosidette a repulsione.

Queste batterie sono poste in parallelo colle dinamo sulle sbarre delle centrali, e disimpegnano l'ufficio di rendere sensibilmente costante l'intensità di corrente erogata dalle macchine generatrici, assorbendo una parte della corrente da esse sviluppata negli istanti in cui il richiamo di energia dalla rete è debole, scaricandosi invece, ed aiutando così le dinamo ad alimentare la rete, quando questa richiede più forte intensità.

I vantaggi che arrecano tali batterie sono stati più volte esposti dai costruttori di accumulatori, ed io non credo dovervi tornar sopra, dopo le pratiche dimostrazioni date dalle Società esercenti le reti tramviarie elettriche, le quali Società, non ostante la primitiva ripugnanza ad accogliere nelle loro officine questi nuovi vasi di Pandora, hanno poi generalmente finito a capitolare e spesso anche a manifestare la loro completa soddisfazione per i risultati ottenuti.

Esporrò invece alcune considerazioni per mostrare che se negli impianti di trazione tramviaria le batterie sono utili, negli impianti di

trazione ferroviaria a terza rotaia esse diventano addirittura indispensabili, tanti e così preziosi sono i beneficî che esse vi possono rendere.

Per essere più chiaro, mi varrò dell'esempio pratico che si può ricavare nella linea Milano-Varese, che fu recentemente trasformata a trazione elettrica, e che fu progettata ed eseguita senza accumulatori.

Il tronco già in esercizio Milano-Varese si sviluppa su una lunghezza di 50 km., ed è alimentato dalle quattro sottostazioni di Musocco, Parabiago, Gallarate e Gazzada. È in costruzione il prolungamento Varese-Porto Ceresio di circa 13 km., che attingerà la sua corrente dalla sottostazione di Bisuschio.

L'energia è per ora generata nella stazione centrale a vapore di Tornavento, situata alla distanza di 10 km. dalla linea, in prossimità cioè della località ove s'intende ricavare in avvenire dal Ticino l'energia idraulica da sostituire a quella a vapore.

L'officina di Tornavento è dotata di otto caldaie tubulari da 290 mq. di superficie ciascuna, e di tre macchine a vapore Voolf a due cilindri da 1400 HP caduna, che azionano tre alternatori da 900 kw., cioè 2700 kw. in tutto, producenti corrente alternata trifasica a 12.000 volt circa.

Questa corrente con due linee aeree a sei fili (tre dei quali di riserva), è condotta alle due sottostazioni di Parabiago e Gallarate, e da queste rispettivamente alle altre due sottostazioni di Musocco e Gazzada. Da quest'ultima partirà la linea che metterà capo a Bisuschio.

Nelle sottostazioni la corrente trifasica a 12.000 volt viene abbassata a 420 volt col mezzo di gruppi di tre trasformatori statici monofasici, e poi è raddrizzata con delle convertitrici rotanti, dalle quali si ricava la corrente continua a 650 volt circa che alimenta le rotaie.

Le tre sottostazioni di Musocco, Gallarate e Parabiago hanno ciascuna due convertitrici da 500 kw., che possono sviluppare normalmente 770 ampères, eccezionalmente fino a 1000 ampères caduna; quella di Gazzada e quella in costruzione di Bisuschio hanno ciascuna una sola convertitrice da 250 kw., capace di fornire normalmente 385 ampères, eccezionalmente 500 ampères.

I treni normali che percorrono la linea sono composti ciascuno di una vettura automotrice e d'un rimorchio, e camminano in piano alla velocità di circa 90 km., assorbendo circa 600 ampères all'avviamento e 400 ampères in media alla velocità di regime.

E stato preveduto un movimento di cinque coppie di treni ad ogni ora, cioè 90 coppie di treni in 18 ore, ripartiti in intervalli di tempo sensibilmente eguali, come risulta dall'orario grafico che presento.

Quest'orario è fatto per un periodo di tre ore, e si ripete tutto il giorno dalle 5 alle 23.

Occorre subito notare che quest'orario non è stato finora attivato; si hanno ora solo 19 coppie di treni al giorno, ma nella prossima estate l'orario imporrà 36 coppie di treni, ed allora in alcune ore del mattino e del pomeriggio il movimento di treni sarà almeno altrettanto intenso quanto quello stabilito nell'orario che ha servito di base ai calcoli, e quindi in tali periodi si avrà la linea caricata col massimo lavoro preveduto.

In base all'orario progettato, sono stati calcolati i diagrammi di carico nelle varie sottostazioni, quali li presento. Si rilevano dai medesimi i seguenti carichi in ampères:

Musocco	minimo	280	medio	850	massimo	1420
Parabiago	»	700	»	1070	»	1500
Gallarate	»	200	»	610	»	1400
Gazzada	»	0	»	120	»	600
Bisuschio	»	0	»	50	»	600

Il carico totale delle cinque sottostazioni risulta:

Minimo 1645 A.; medio 2700; massimo 4000.

Dal carico complessivo delle varie sottostazioni si può dedurre il carico della stazione di Tornavento, moltiplicando il primo pel coefficiente di rendimento elettrico dell'impianto. L'esperienza fatta sinora mostra che quando sarà attivato l'orario preveduto, il coefficiente medio di rendimento sarà presso a poco del 60 per cento; trasformando dunque in kilowatt gli ampères delle sottostazioni, cioè moltiplicandoli per 650 volt, e dividendoli per 0,60, si ha come carico a Tornavento:

Minimo kw. 1800; medio 2900; massimo 4300.

Da questo quadro risulta che il macchinario delle sottostazioni è stato stabilito sulla base dei consumi massimi preveduti, ammettendo che tutto il macchinario debba essere impegnato pel servizio; anzi nelle sottostazioni di Gazzada e Bisuschio i convertitori risultano già incapaci di erogare le massime correnti richieste dai motori.

Anche la stazione centrale di Tornavento è stata calcolata con estrema parsimonia.

Essa è provvista, come dissi, di tre alternatori da 900 kw., in tutto 2700 kw., mentre dovrebbe fornire il carico medio di 2900 kw. e degli sbalzi, che possono arrivare fino a 4300 kw. La stazione generatrice dunque non è capace di fare il servizio di 90 coppie di treni al giorno, anzi risulterà probabilmente già insufficiente pel servizio estivo di 36 coppie di treni.

Per fare il servizio di 90 treni occorrono almeno cinque alternatori da 900 kw.

Queste osservazioni, che potrebbero a prima vista sembrare una critica per quegli ingegneri che hanno studiato ed eseguito la trasformazione della linea, esaminate un po' più da vicino, tornano invece a loro lode; non si deve dimenticare che in questo impianto si è voluto fare un esperimento; è dunque naturale che sulle prime siasi risparmiato quanto più possibile sulle spese d'impianto; d'altronde l'orario preveduto è molto più intenso dell'orario attualmente in vigore, e quindi è giusto che per ora siasi provveduto solo ai bisogni attuali più urgenti, e siasi aspettato ad aumentarlo dopo aver dedotto dall'esperimento fatto i bisogni effettivi.

E le deduzioni infatti furono già ricavate, e credo poterle riassumere, per quanto riguarda la parte elettrica, nella considerazione seguente:

Occorre munirsi di riserva pel caso di guasti al macchinario delle sottostazioni e della centrale di Tornavento.

Per apprezzare al suo vero valore l'importanza di questa osservazione, devesi pensare all'enorme responsabilità che assume una Società che esercisce un servizio pubblico ferroviario così intenso; non è certo permesso su una linea, dove i treni camminano con 90 km. all'ora, e si seguono qualche volta a pochi minuti di distanza, lasciarli poi fermi per mancanza di corrente, o costringerli a rallentare la marcia e far dei ritardi per abbassamenti di potenziale o scatti di automatici; ora, chi ha un po' di confidenza cogli impianti elettrici ad alta tensione, sa che il caso di un'interruzione nell'arrivo della corrente primaria è tutt'altro che improbabile; lo sanno bene, per esempio, i Milanesi: quante volte sono stati fermi nei tram o al buio nelle strade od in teatro, prima che fossero installati gli accumulatori.

La necessità dunque di una riserva si presenta urgente per continuare un esercizio regolare.

Tale riserva si può avere in due modi: o con batterie di accumulatori nelle varie sottostazioni, o con nuovo macchinario nella stazione generatrice e nelle sottostazioni.

Alla mia Casa vennero fatte richieste di studi per l'installazione delle batterie, ed essa ha creduto opportuno stabilire i calcoli su queste basi:

Nelle sottostazioni di Musocco, Parabiago e Gallarate il carico medio non supera generalmente la potenzialità di una delle convertitrici; infatti, se a Parabiago il carico medio è calcolato a 1070 ampères e quindi un po' superiore alla potenzialità massima di una convertitrice (1000 ampères), non si deve dimenticare che tale carico medio corrisponde al movimento di 90 coppie di treni al giorno, e da tale mo-

vimento continuo di treni siamo ancora molto, molto lontani. Le batterie di accumulatori furono quindi calcolate in modo da permettere la messa a riposo di una delle due convertitrici, e cioè da poter fornire tutta quella intensità di corrente che supera il carico medio delle sottostazioni. In tal modo nelle dette sottostazioni la riserva è costituita dalla seconda convertitrice coi relativi trasformatori statici.

Si stabilì poi che l'accumulatore fosse tale da esercitare un perfetto servizio a repulsione, cioè da costringere la convertitrice a lavorare a carico sensibilmente costante, e finalmente che l'accumulatore fosse capace di sostenere da solo tutto il carico delle sottostazioni per un periodo di tempo non inferiore a un'ora. Ciò era indispensabile per parare all'eventualità di brevi interruzioni nella corrente primaria.

In quanto alle sottostazioni di Gazzada e Bisuschio, la mia Casa non se n'è molto preoccupata, sia perchè di gran lunga meno importanti delle precedenti, sia perchè, come dirò più tardi, sono già state provviste di accumulatori.

Le batterie capaci di compiere l'accennato servizio a Musocco, Parabiago e Gallarate, risultarono di grandezza variabile fra le 1500 e le 2500 ampères-ora alla scarica di un'ora, ed il loro prezzo complessivo fu calcolato in 500.000 lire circa; cosicchè l'installazione degli accumulatori, colle relative dinamo d'aggiunta, quadri e fabbricati, importa verso 700.000 lire.

Si deve notare che l'installazione delle batterie ha per effetto di far lavorare anche la centrale di Tornavento al carico medio costante, anzichè a carico variabile, e cioè di richiamare dalla centrale l'energia costante di 2900 kw., anzichè un'energia variabile che sale fino a 4300 kw. Si può dunque a rigore risparmiare l'installazione di 4300 — 2900 = = 1400 kw. di alternatori e nuove macchine a vapore.

Questo pel movimento di 90 treni al giorno; ma anche con un numero minore di treni, si potrà risparmiare almeno una delle unità da 900 kw. Infatti l'officina generatrice si riduce a dover alimentare soltanto tre convertitrici da 500 kw. e due da 250; in tutto 2000 kw., mentre senza accumulatori deve alimentare 3500 kw.

Le batterie dunque corrispondono ad una riserva di macchinario che dovrebbe essere costituita, per la centrale di Tornavento, da alternatori per 1400 kw., con relative macchine a vapore, caldaie, quadri, fabbricati, ecc., e per le dette tre sottostazioni da tre convertitrici da 500 kw., con relativi trasformatori statici, quadri e fabbricati.

Io non so se con 700.000 lire sia possibile installare tutto questo macchinario; ma credo che ad ogni modo non si possa contare su forte riduzione di questa cifra.

È inoltre certo che anche con un'installazione di tal genere non sarebbe ancora provveduto alla riserva in caso d'interruzione della corrente primaria; ed è pure da osservare che tale macchinario, per costituire un'efficace riserva, trarrebbe seco la necessità di tenere permanentemente in pressione le caldaie con relativo spreco di combustibile e costo di mano d'opera.

A me pare dunque che, volendo installare una riserva, convenga assolutamente ricorrere agli accumulatori.

Qui apro una parentesi per notare che come riserva gli accumulatori dànno affidamento di sicurissimo funzionamento, giacchè non solo le piccole riparazioni, ma anche quelle più importanti e le trasformazioni complete si possono eseguire senza togliere la batteria dal servizio.

Ma v'ha di più: gli accumulatori si rendono indispensabili per migliorare il rendimento dell'impianto.

Attingo dalla Relazione stampata dalla Società delle Ferrovie del Mediterraneo i dati relativi al rendimento complesso dei trasformatori statici e delle convertitrici in rapporto ai vari carichi cui essi sono sottoposti:

A pieno carico 90,4 0[0
A mezzo carico 85,7 0[0.

Scendendo al disotto del mezzo carico, il rendimento precipita rapidamente.

Ho già detto che nelle tre sottostazioni di Musocco, Parabiago, Gallarate sono installate e, dato un traffico di 90 treni al giorno, funzionano continuamente due convertitrici capaci di sviluppare complessivamente 1540 ampères, mentre i carichi medî sono rispettivamente di soli 850, 1070, 610 ampères; risulta che le convertitrici lavorano con un carico variabile che corrisponde in media a circa metà della loro potenza, e che quindi, nella miglior ipotesi, il rendimento complesso di queste macchine e dei relativi trasformatori sarà inferiore a 85,7 0[0.

L'installazione degli accumulatori permetterebbe la messa a riposo della metà di queste macchine, risparmiando le relative correnti di eccitazione e quelle necessarie a vincere l'attrito dei perni e la resistenza dell'aria; inoltre costringerebbe le rimanenti a lavorare col massimo carico e quindi col massimo effetto utile di 90,4 0[0. Si avrebbe dunque un miglioramento nel rendimento complessivo di questi apparecchi, miglioramento che io stimo di almeno 6 0[0.

La linea ad alta tensione è stata calcolata per un perdita massima di 8 0[0; non è possibile qui stabilire dei calcoli, ma mi par lecito

supporre che, tra un richiamo costante di energia equivalente a circa 2900 kw. ed un richiamo variabile da 1800 a 4300 kw., si possa contare su un miglior rendimento di almeno 2 0[0.

Ammesso poi di lasciar a riposo a Tornavento 1400 kw. di alternatori, generando l'energia cogli altri costretti a lavorare sempre a pieno carico, un miglioramento nel rendimento daranno pure le macchine generatrici, e tale miglioramento la pratica insegna che nella peggiore ipotesi è di almeno 3 0[0.

Gli accumulatori porterebbero dunque a mio avviso un miglior rendimento di almeno $6 + 2 + 3 = 11$ 0[0 nel rendimento dell'impianto.

A questo vantaggio si contrappone la perdita interna negli accumulatori, questa però non è ragguardevole, sia perchè le batterie a repulsione dànno un elevatissimo rendimento (di almeno 95 0[0), sia perchè solo una frazione della corrente prodotta passa attraverso ad essi.

Ammesso che la metà della corrente prodotta passi attraverso agli accumulatori, ed ammesso il rendimento del 95 0[0, la perdita interna salirà al 2,5 0[0 dell'energia prodotta; cosicchè il vantaggio definitivo portato dall'accumulatore può essere valutato a $11 - 2{,}5 =$ circa 8 0[0.

Ora i kilowatt medì generati dagli alternatori sono 2900 circa.

L'esperienza fatta finora mostra che il kilowatt-ora è prodotto dalle macchine di Tornavento con kgr. 1,7 di carbone; ammesso pure che aumentando i kilowatt prodotti si possa ridurre questo consumo di carbone a kgr. 1,5 per kilovatt-ora, ammesso per le macchine un funzionamento di 18 ore al giorno pei 365 giorni dell'anno, e stabilito in 40 lire il costo di una tonnellata di carbone, ossia 4 centesimi per chilogrammo, il miglior rendimento elettrico si traduce in un risparmio annuo di $2900 \times 0{,}08 \times 18 \times 365 \times 1{,}5 \times 0{,}04 = 91.000$ lire circa.

Ma c'è di più: ho detto che installando gli accumulatori si può mettere del tutto a riposo macchine a vapore per 1400 kw., facendo lavorare le altre a pieno carico; è assai difficile stabilire *a priori* il risparmio di combustibile che se ne ricaverebbe, ma io credo di non essere ottimista ammettendo un'economia di 300 grammi di carbone per kilovatt-ora sviluppato dagli alternatori; su questa base l'economia di carbone ammonterebbe a: kgr. $2900 \times 18 \times 365 \times 0{,}300 \times 5700$ tonnellate circa, che a 40 lire rappresentano 228.000 lire l'anno.

L'economia nei lubrificanti importerebbe pure almeno 30.000 lire l'anno, inoltre mano d'opera, manovalanza, manutenzione, ecc., verrebbero ad essere ridotti, cosicchè gli accumulatori permetterebbero un'economia di circa 350.000 lire annue nelle spese di esercizio, e quindi potrebbero in due anni venire ammortizzati.

Questi beneficî possono realizzarsi applicando gli accumulatori all'impianto attuale, ma se la linea dovesse studiarsi di nuovo, ammettendo fin dal principio un largo impiego di accumulatori, altri risparmi si potrebbero ricavare nelle spese di esercizio, adottando macchine a vapore a tripla sospensione, le quali, quando sono caricate con un lavoro costante, funzionano bene e dànno una notevolissima economia nelle spese di esercizio.

Si avrebbe poi potuto adottare una interessante disposizione, che costituisce un brevetto delle Case Tudor e che avrebbe permesso di abolire il macchinario nella sottostazione di Gazzada, sostituendovi una semplice batteria di accumulatori, posta in derivazione sulle rotaie.

La sottostazione dovendo fornire 120 ampères in media, la carica della batteria si farebbe con 150 ampères, nei lunghi periodi in cui sul tronco da essa servito il movimento dei treni è meno intenso. Tale carica sarebbe fatta dalla sottostazione di Gallarate in parallelo con quella di Bisuschio con una intensità di corrente di circa 75 ampères per ciascuna di queste sottostazioni. Data la sezione delle rotaie di circa 7000 m^2, la caduta di potenziale nelle rotaie derivante dalla corrente di carica non sarebbe superiore a 25 volt; la sottostazione si troverebbe quindi ad un potenziale leggermente inferiore a quello delle altre sottostazioni; ciò però non sarebbe un inconveniente che in apparenza. Infatti la sottostazione deve servire un tronco di lunghezza ad un dipresso uguale a quello servito per esempio dalla sottostazione di Parabiago: ora quest'ultima stazione deve erogare intensità di correnti fino a 1500 ampères, mentre quella di Gazzada deve fornire correnti solo fino a 600 ampères: le rotaie conduttrici di corrente avendo la stessa sezione e la stessa lunghezza nei due casi, risulteranno sul tronco di Parabiago cadute di potenziale molto maggiori che sul tronco di Gazzada; epperò, se anche questa alimentasse con un potenziale inferiore di 25 volt alla prima, il tronco da essa servito si troverebbe non pertanto in migliori condizioni di potenziale.

La carica a fondo della batteria, che deve aver luogo una volta alla settimana, avrebbe potuto farsi senza macchinario, disponendo la batteria su tre serie e caricando le serie due a due.

I vantaggi derivanti dalla soppressione della sottostazione di Gazzada sono troppo evidenti per dovervi insistere; in primo luogo la sottostazione avrebbe costato assai meno come impianto; le spese di esercizio si sarebbero ridotte al semplice salario di un operaio adibito alla sorveglianza della batteria; finalmente la batteria avrebbe costituito un altro volano per le sottostazioni di Gallarate e Bisuschio.

Ma anche coll'impianto come fu eseguito non hanno ancor fine i

vantaggi che gli accumulatori possono portare. Nelle ore notturne interessa provvedere alla illuminazione delle stazioni; interessa fare delle manovre di smistamento treni; interessa qualche volta fare dei treni speciali e dei treni merci; tutto ciò è reso possibile dagli accumulatori, senza esser costretti a tenere in funzionamento la centrale di Tornavento e relative sottostazioni.

Ho detto che la trasformazione della linea a trazione elettrica è stata progettata ed eseguita senza accumulatori: però poco prima che si aprisse all'esercizio, la Società delle Ferrovie per iniziativa dell'ingegnere cav. Vittorio Tremontani, che fu l'anima dell'impianto, espresse il desiderio di fare un esperimento in una o due sottostazioni, installando delle batterie, e si prescelsero quelle di Gazzada e Bisuschio, ove i diagrammi di carico erano più accidentati, e dove colle convertitrici mal si provvedeva alle esigenze del servizio. In proposito si aprì un concorso fra le varie Case costruttrici di accumulatori; i termini di tale concorso suonavano così:

Dati i diagrammi di carico e date le sottostazioni progettate provvedere una batteria di accumulatori per ciascuna di esse, nonchè il macchinario ed i quadri necessari al loro funzionamento, in modo da rendere quanto più costante possibile la erogazione delle convertitrici.

Il problema fu studiato con molta cura dalla mia Casa, che vinse il concorso e fu incaricata di eseguire i due impianti. Fu subito installata la batteria di Gazzada, che funzionava già quando la linea fu inaugurata. Invece la batteria di Bisuschio non è stata finora montata, perchè tutto il tronco Varese-Porto Ceresio, al quale essa appartiene, è ancora in costruzione. Ma i risultati ottenuti a Gazzada furono così soddisfacenti, da persuadere l'Amministrazione ferroviaria al sollecito impianto di un'altra batteria per la sottostazione di Musocco; la mia Casa fu incaricata anche dell'esecuzione di questa batteria, che verrà installata prima che l'orario estivo vada in attività.

Noi speriamo che in un avvenire non lontano anche le altre sottostazioni saranno provviste di accumulatori, e che nelle nuove linee a corrente continua che si faranno in Italia essi verranno largamente impiegati fin dapprincipio.

Mi voglio fermare ancora un momento su un dettaglio relativo alla sottostazione di Gazzada.

Nel programma di concorso era detto che le convertitrici avrebbero funzionato a tensione costante sotto qualunque carico. In queste condizioni una batteria messa in parallelo con la convertitrice non avrebbe fatto alcun lavoro, perchè, come è noto, le batterie a repulsione per

entrare in funzione hanno bisogno che le caratteristiche delle dinamo, colle quali lavorano, siano discendenti, cioè siano tali che ad una maggiore erogazione di corrente corrisponda una caduta di potenziale, e viceversa.

Per costringere la batteria a funzionare si dovette dunque ricorrere ad una dinamo survoltrice-devoltrice in serie colla batteria e perennemente in moto. La mia Casa prescelse il sistema Thury; e le relative macchine, regolatori e quadri furono forniti dalla « Compagnie de l'Industrie Electrique » di Ginevra.

Il regolatore fu tarato in modo che la convertitrice desse circa 150 ampères costanti, ed il risultato fu superiore ad ogni nostra aspettativa; potemmo perfino constatare che le improvvise variazioni di carico, che si verificavano quando un treno si trovava ad un passaggio a livello, e per conseguenza il circuito veniva bruscamente interrotto, non erano minimamente risentite dalla convertitrice, ma unicamente dalla batteria.

L'applicazione del sistema Thury non cessava però dal costituire una complicazione, ed aveva il difetto di rendere più costoso l'impianto; fin dal principio si cercò quindi il modo di ottenere dalle convertitrici delle caratteristiche discendenti, e di mettere le batterie semplicemente in parallelo colle convertitrici.

Nella speranza di poter raggiungere un tale intento, il numero degli elementi componenti le batterie, che poteva variare entro limiti assai larghi, fu stabilito in modo che le batterie allo stato di riposo avessero f. e. m. uguale al potenziale delle sbarre del quadro.

Questa previdenza tornò molto utile in seguito, giacchè ci fu permesso di rovesciare l'avvolgimento in serie nell'eccitazione delle convertitrici, e di creare così ai loro poli col mezzo di induttanze poste in serie con la corrente alternata, cadute di potenziale che aumentavano coll'intensità delle correnti erogate.

Così le batterie furono ridotte a funzionare semplicemente a repulsione, ed attualmente i gruppi di survoltaggio servono solo per la carica a fondo delle batterie.

E qui avrei finito; voglio però ancora osservare che le considerazioni che ho svolto circa l'impianto della linea Milano-Varese, hanno carattere generale, e si estendono a tutte le linee alimentate a corrente continua, anche se l'energia destinata ad animare la linea è ottenuta da un'officina idroelettrica.

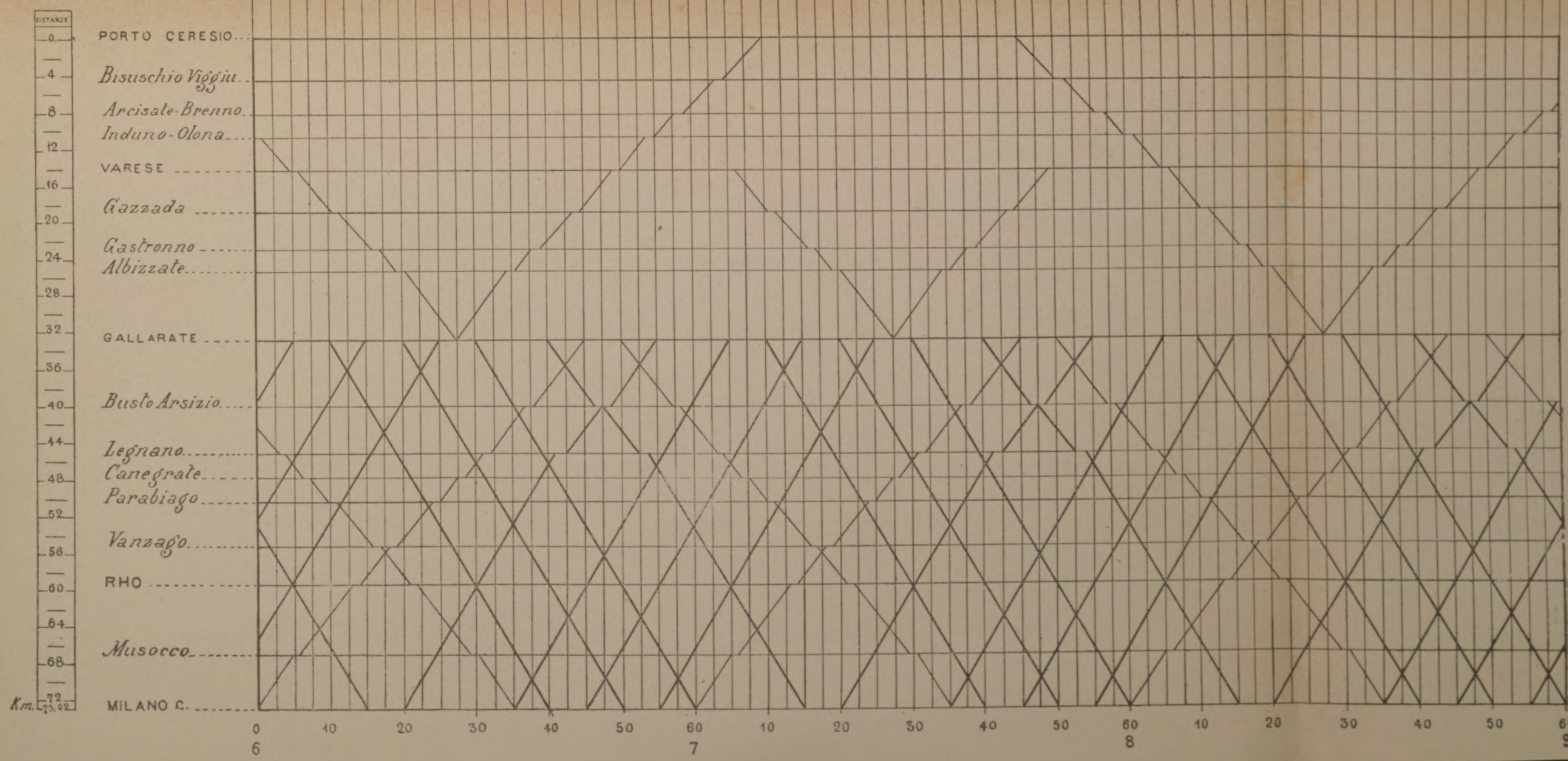
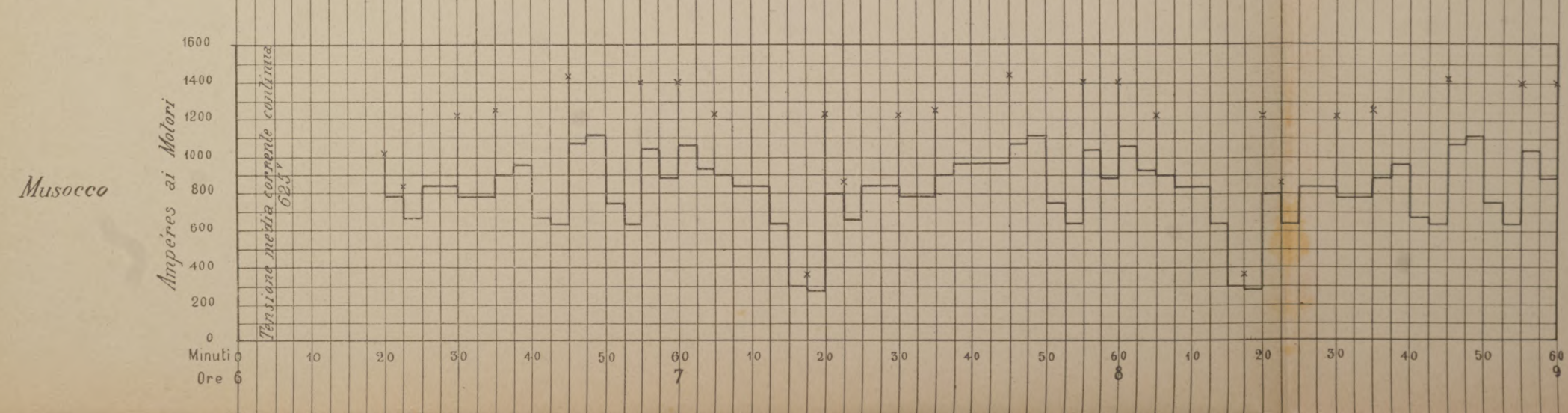
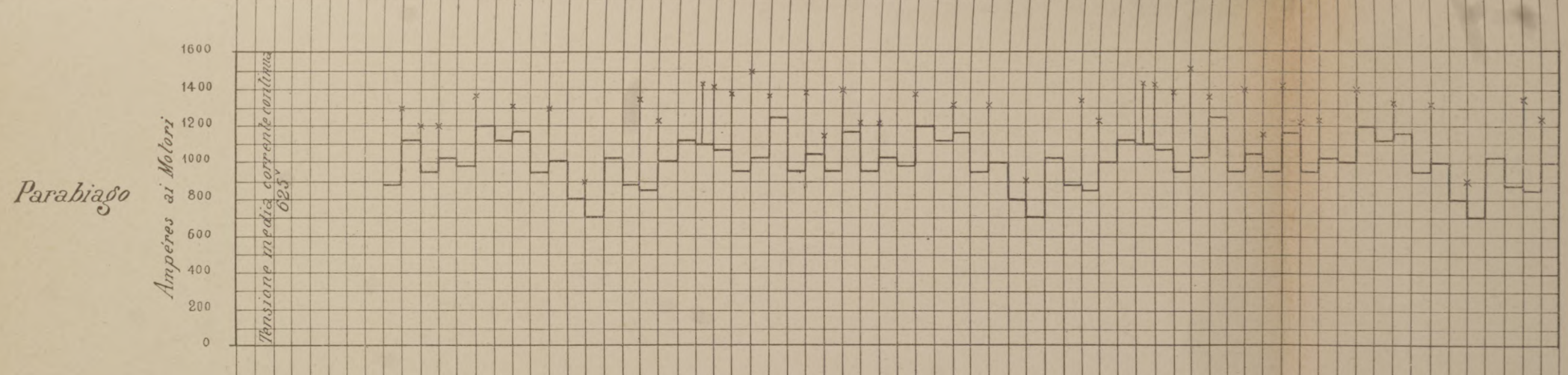
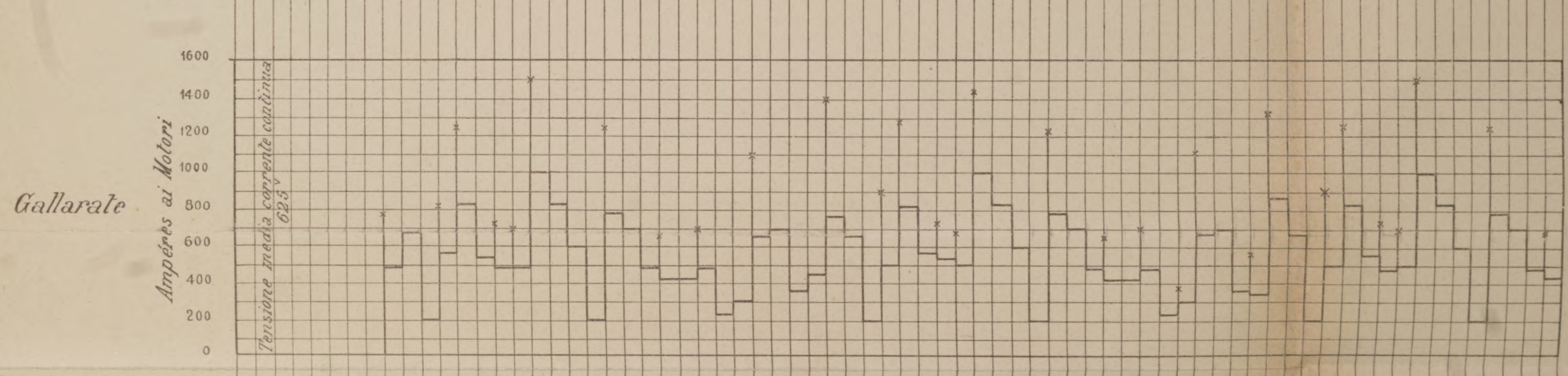
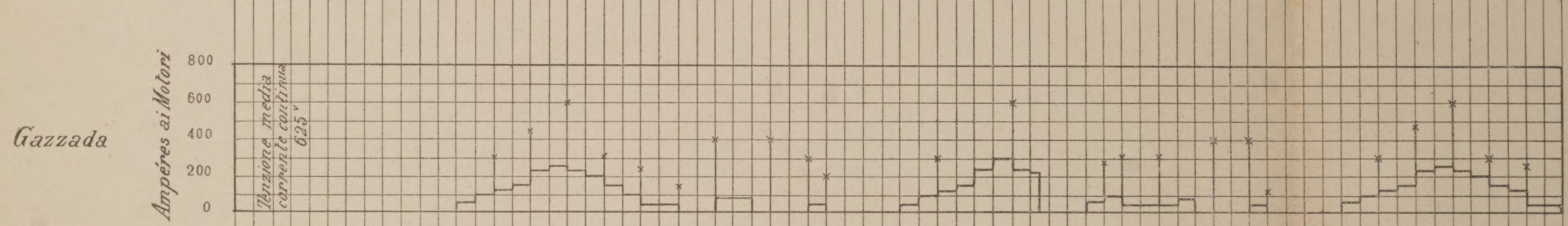
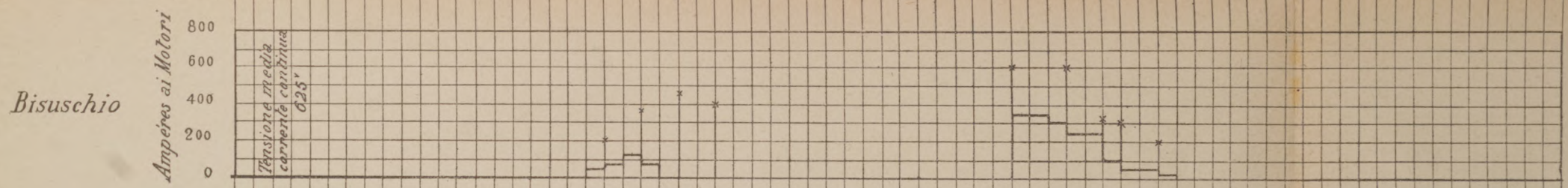
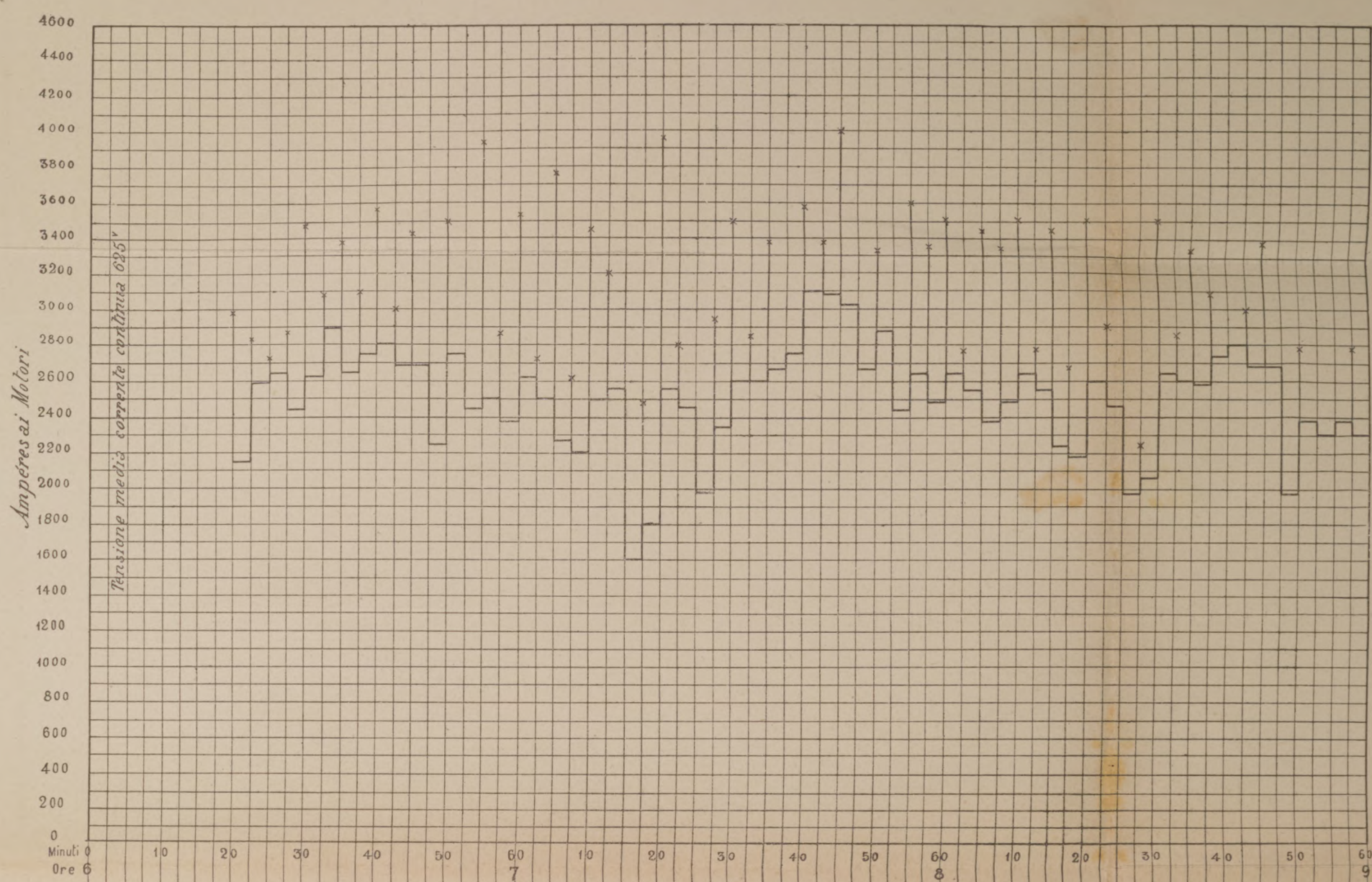
Io non sono tra quelli che credono che i famosi 12 o 20 milioni di cavalli che galoppano disordinatamente nei nostri fiumi possano in qualunque caso essere preferiti a quelli sviluppati dalle macchine

a vapore; e che il carbone bianco sia sempre a miglior mercato del carbone nero! In molte fortunate circostanze questo certamente si verifica, ma il valore dei cavalli idroelettrici è sempre rilevante, ed i progettisti di ferrovie elettriche devono sempre studiare il modo di ridurne quanto possibile la quantità necessaria, utilizzando invece in tutta la loro potenza quelli installati. Per continuare nell'esempio della Milano-Varese, ho mostrato come con 700.000 lire di accumulatori si possano risparmiare 1400 kw. di alternatori, ossia un 2200 cavalli.

Anche valutando il costo d'impianto del cavallo idroelettrico a sole 500 lire, sono 1.100.000 lire che si risparmiano nell'impianto idroelettrico, raggiungendosi nello stesso tempo tutti gli altri vantaggi dei quali ho lungamente discorso.

Occorre poi notare che gli accumulatori sono tanto più utili quanto meno intenso è il movimento dei treni e più grande la velocità.

Prendiamo l'esempio della direttissima Roma-Napoli.

Su questa linea, che sarà costruita appositamente, sarà possibile far assumere ai treni velocità di almeno 150 km. all'ora; ed in tali condizioni io credo che essi assorbiranno almeno 2000 ampères. Ammesso il passaggio di un treno all'ora, le sottostazioni dovranno essere scaglionate a non più di 10 km. una dall'altra, ed essere provviste di convertitrici per almeno 3000 ampères. Adottandosi accumulatori le sottostazioni di trasformazione provviste di macchinario staranno invece a circa 30 km. una dall'altra, ed ogni sottostazione comanderà due batterie a 10 km. di distanza, una sul lato destro, l'altra sul sinistro. Al passaggio dei treni le batterie scaricheranno una forte intensità; dopo di che avranno un tempo lunghissimo per ricaricarsi. Le spese d'installazione saranno così notevolmente ridotte; quelle poi di esercizio saliranno ad una piccola frazione di quelle che si avrebbero nel caso precedente.

N. 8.

SU LA DERIVAZIONE DELLE CORRENTI A REGIME VARIABILE

COMUNICAZIONE

del Socio ANTONIO GARBASSO

fatta alla Sezione di Torino nella Seduta dell'11 aprile 1902.

Si abbia un circuito e fra due punti A e B di esso una derivazione. Indicando con E la differenza di potenziale che esiste fra A e B, con i_1, i_2, R_1, R_2, L_1 e L_2 le correnti, le resistenze e le induttanze dei due fili sarà:

$$\left.\begin{aligned} E &= R_1 i_1 + L_1 \frac{d i_1}{d t}, \\ E &= R_2 i_2 + L_2 \frac{d i_2}{d t}. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Non è possibile in generale stabilire una equazione della stessa forma per la somma:

$$i_1 + i_2,$$

cioè trovare due costanti R e L tali che sia:

$$E = R (i_1 + i_2) + L \frac{d (i_1 + i_2)}{d t}. \qquad (2)$$

Fisicamente parlando questo significa che non si può, di solito, sostituire alla coppia un filo unico per modo che il regime della corrente nel circuito esterno rimanga invariato. Vi sono però dei casi eccezionali, e mi propongo di illustrarne uno.

Ammettiamo infatti che sia:

$$\frac{R_1}{L_1} = \frac{R_2}{L_2} = \rho; \qquad (3)$$

le equazioni (1) forniranno immediatamente:

$$E = L_1 \left(\rho\, i_1 + \frac{d\, i_1}{d\, t} \right),$$

$$E = L_2 \left(\rho\, i_2 + \frac{d\, i_2}{d\, t} \right),$$

e quindi:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{L_1} E &= \rho\, i_1 + \frac{d\, i_1}{d\, t}, \\ \frac{1}{L_2} E &= \rho\, i_2 + \frac{d\, i_2}{d\, t}, \end{aligned} \right\} \quad (1')$$

o, sommando membro a membro:

$$\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2} E = \rho\, (i_1 + i_2) + \frac{d\, (i_1 + i_2)}{d\, t}.$$

D'altra parte la condizione (3) può scriversi anche:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2},$$

si intendono dunque senza difficoltà le trasformazioni seguenti:

$$\rho = \frac{R_1}{L_1} = \frac{\dfrac{R_1}{1 + \dfrac{R_1}{R_2}}}{\dfrac{L_1}{1 + \dfrac{L_1}{L_2}}} = \frac{\dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{\dfrac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2}.$$

Ciò posto l'equazione per $i_1 + i_2$ diventa:

$$\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2} E = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2} (i_1 + i_2) + \frac{d\, (i_1 + i_2)}{d\, t},$$

ossia:

$$E = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} (i_1 + i_2) + \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \frac{d\, (i_1 + i_2)}{d\, t},$$

la quale ultima è della forma (2).

Nel caso che abbiamo discusso si può dunque sostituire un conduttore unico alla coppia dei circuiti derivati; le sue costanti sono:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2},$$

e:

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}. \quad (*)$$

(*) Il signor O. M. Corbino in una comunicazione fatta alla Sezione di Palermo il 27 gennaio 1901, afferma che « la determinazione di L e di R, cioè della induttanza e della resistenza di un unico conduttore sostituibile ai due circuiti derivati, è solo possibile quando questi abbiano la stessa induttanza e la stessa resistenza ». Il teorema è inesatto nel senso che la condizione in esso enunciata è sufficiente, senza dubbio, ma non è necessaria.

Non è difficile trovare la ragione per la quale il Corbino fu condotto a questo risultato incompleto.

Dopo aver scritto le due equazioni:

$$R(i_1 + i_2) + L\frac{d(i_1 + i_2)}{dt} = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt}, \quad (*)$$

egli ne deduce la:

$$\left(R - \frac{R_1}{2}\right) i_1 + \left(R - \frac{R_2}{2}\right) i_2 + \left(L - \frac{L_1}{2}\right)\frac{di_1}{dt} + \left(L - \frac{L_2}{2}\right)\frac{di_2}{dt} = 0, \quad (**)$$

e conclude che per verificare questa indipendentemente dal tempo bisogna porre:

$$R = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2}, \qquad L = \frac{L_1}{2} = \frac{L_2}{2}.$$

Ma la cosa non è lecita perchè le quattro quantità i_1, i_2, $\frac{di_1}{dt}$ e $\frac{di_2}{dt}$ non si possono prendere tutte ad arbitrio. In altre parole la (**) può stare al posto di una delle (*), ma non di entrambe; a rigore, alla (**) si deve aggiungere ancora, a modo di esempio, la:

$$R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt}.$$

Allora, eliminando una delle quattro grandezze, e sia, per fissare le idee, la $\frac{di_2}{dt}$, risulterà:

$$\left(R - \frac{R_1}{2} + \frac{2L - L_2}{2L_2} R_1\right) i_1 + \left(R - \frac{R_2}{2} - \frac{2L - L_2}{2L_2} R_2\right) i_2 +$$
$$+ \left(L - \frac{L_1}{2} + \frac{2L - L_2}{2L_2} L_1\right) \frac{di_1}{dt} = 0.$$

Su *questa* equazione si può ragionare nel modo seguito dal Corbino, e se ne possono dedurre le tre condizioni:

$$R - \frac{R_1}{2} + \frac{2L - L_2}{2L_2} R_1 = 0,$$

$$R - \frac{R_2}{2} - \frac{2L - L_2}{2L_2} R_2 = 0,$$

$$L - \frac{L_1}{2} + \frac{2L - L_2}{2L_2} L_1 = 0,$$

Dalle (1') si ricava:

$$\frac{d\,(i_1\,e^{\rho t})}{d\,t} = \frac{1}{L_1}\,E\,e^{\rho t},$$

$$\frac{d\,(i_2\,e^{\rho t})}{d\,t} = \frac{1}{L_2}\,E\,e^{\rho t},$$

e quindi:

$$i_1 = \frac{e^{-\rho t}}{L_1}\int E\,e^{\rho t}\,d\,t,$$

$$i_2 = \frac{e^{-\rho t}}{L_2}\int E\,e^{\rho t}\,d\,t,$$

e dividendo membro a membro:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

le intensità delle correnti sono dunque nell'inversa delle induttanze o delle resistenze.

Se la forza elettromotrice è sinussoidale la condizione (3) ha un significato fisico immediatamente chiaro, essa impone infatti che le correnti abbiano *la stessa fase* nei due circuiti derivati.

Non è difficile generalizzare questo calcolo nell'ipotesi che la induzione dei due fili uno su l'altro non sia trascurabile, come si è supposto implicitamente nelle (1). Avremo adesso:

$$\left.\begin{aligned} E &= R_1\,i_1 + L_1\,\frac{d\,i_1}{d\,t} + M\,\frac{d\,i_2}{d\,t}, \\ E &= R_2\,i_2 + L_2\,\frac{d\,i_2}{d\,t} + M\,\frac{d\,i_1}{d\,t}, \end{aligned}\right\} \qquad (I)$$

e la equazione per $i_1 + i_2$ dovrà assumere nuovamente la forma:

$$E = R\,(i_1 + i_2) + L\,\frac{d\,(i_1 + i_2)}{d\,t}. \qquad (II)$$

---

o, che fa lo stesso:

$$R = \frac{R_1\,R_2}{R_1 + R_2},$$

$$L = \frac{L_1\,L_2}{L_1 + L_2},$$

$$L_1\,R_2 = L_2\,R_1,$$

in completo accordo con ciò che si è trovato nel testo. L'esempio trattato è dunque il solo possibile, se si vuole che R_1, R_2, L_1 e L_2 siano tutte diverse da zero.

Se si suppone che sia:

$$\frac{R_1}{L_1 - M} = \frac{R_2}{L_2 - M} = \rho, \qquad \text{(III)}$$

verrà:

$$\frac{1}{L_1 - M}\left[E - M\,\frac{d(i_1 + i_2)}{d\,t}\right] = \rho\, i_1 + \frac{d\,i_1}{d\,t},$$

$$\frac{1}{L_2 - M}\left[E - M\,\frac{d(i_1 + i_2)}{d\,t}\right] = \rho\, i_2 + \frac{d\,i_2}{d\,t},$$

e, sommando membro a membro:

$$\frac{L_1 - 2\,M + L_2}{(L_1 - M)(L_2 - M)}\left[E - M\,\frac{d(i_1 + i_2)}{d\,t}\right] = \rho\,(i_1 + i_2) + \frac{d(i_1 + i_2)}{d\,t}.$$

D'altra parte la condizione (III) può scriversi anche:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1 - M}{L_2 - M},$$

verrà dunque successivamente:

$$\rho = \frac{R_1}{L_1 - M} = \frac{\dfrac{R_1}{1 + \dfrac{R_1}{R_2}}}{\dfrac{L_1 - M}{1 + \dfrac{L_1 - M}{L_2 - M}}} = \frac{\dfrac{R_1\,R_2}{R_1 + R_2}}{\dfrac{(L_1 - M)(L_2 - M)}{L_1 - 2\,M + L_2}} =$$

$$= \frac{R_1\,R_2}{R_1 + R_2}\;\frac{L_1 - 2\,M + L_2}{(L_1 - M)\,(L_2 - M)}.$$

Ciò posto l'equazione per $i_1 + i_2$ diventa:

$$E = \frac{R_1\,R_2}{R_1 + R_2}\,(i_1 + i_2) + \left[M + \frac{(L_1 - M)(L_2 - M)}{L_1 - 2\,M + L_2}\right]\frac{d(i_1 + i_2)}{d\,t} =$$

$$= \frac{R_1\,R_2}{R_1 + R_2}\,(i_1 + i_2) + \frac{L_1\,L_2 - M^2}{L_1 - 2\,M + L_2}\;\frac{d(i_1 + i_2)}{d\,t}.$$

La resistenza del circuito unico continua ad essere la stessa di prima, il coefficiente di autoinduzione è:

$$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 - 2M + L_2};$$

e mentre prima si aveva:

$$\frac{R_1}{L_1} = \frac{R_2}{L_2} = \frac{R}{L},$$

viene adesso:

$$\frac{R_1}{L_1 - M} = \frac{R_2}{L_2 - M} = \frac{R}{L - M}.$$

Torino, aprile 1902.

N. 9.

NOTIZIE
DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

COMMISSIONE

per la compilazione del Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici.

Presidente: Prof. GUIDO GRASSI.

Delegati:

Sezione di Torino:

Ing. Aristide Caramagna
» Terenzio Chiesa
» Paolo Prat
» Emilio Silvano.

Sezione di Milano:

Ing. Giovanni Barberis
» Filippo Danioni
Dott. Franco Magrini
Ing. Alessandro Panzarasa
» Luigi Pontiggia
» Guido Semenza.

Sezione di Genova:

Dott. Ing. Max Thoma
Ing. Epimenide Simonetti.

Sezione di Firenze:

Prof. Luigi Pasqualini
Ing. Giorgio Santarelli.

Sezione di Bologna:

Ing. PIETRO LANINO
» LUIGI GREPPI.

Sezione di Roma:

Ing. PIETRO COLOMBO
Dott. ORESTE LATTES
Prof. GUGLIELMO MENGARINI.

Sezione di Napoli:

Ing. MARIO BONGHI
» EGISTO GRISMAYER.

Sezione di Palermo:

Prof. STEFANO PAGLIANI
Ing. EMILIO PIAZZOLI.

Il Segretario generale
R. PINNA.

ORDINE DEL GIORNO

formulato dalla Presidenza della Sezione di Roma dell'A. E. I. per incarico ricevuto dall'Assemblea del 21 marzo 1902

La Sezione di Roma dell'A. E. I., presa cognizione delle circolari 9 e 10 febbraio 1902 inviate dal Ministro dei Lavori Pubblici ai Prefetti ed agli Ingegneri-capi del Genio civile e contenenti disposizioni relative alle concessioni di derivazioni di acque pubbliche;

CONSIDERANDO

1) Che la vantata ricchezza dell'Italia per le sue forze idrauliche diventerebbe illusoria quando il prezzo di produzione del cavallo idraulico non fosse sensibilmente inferiore a quello del cavallo vapore;

2) Che i progressi conseguiti recentemente, sia nei sistemi d'illuminazione a gas, sia nella produzione di forza motrice mediante i motori a gas povero, permettono di ottenere l'energia a prezzi che vanno sempre più abbassandosi, e perciò il carbone, in gran numero di casi, è ancora in grado di lottare vantaggiosamente con le forze idrauliche;

3) Che le forze idrauliche attualmente utilizzate sono per naturale selezione quelle che si trovano in migliori condizioni di sfruttamento, sia per la minore importanza delle opere di presa, sia per le vantaggiose condizioni locali di distribuzione e di vendita dell'energia;

4) Che tutte le altre andranno in avvenire presentando difficoltà sempre maggiori, sia d'impianto che di utilizzazione;

5) Che malgrado ciò la maggior parte degl'impianti esistenti diedero modestissimi benefizi alle Società esercenti, salvo alcuni pochissimi in condizioni eccezionalmente favorevoli, che del resto non dànno nemmeno utili straordinari;

6) Che ogni nuovo aggravio fiscale, ogni nuovo ostacolo di qualsiasi specie aggraverebbe le difficoltà suesposte, obbligherebbe la maggior parte degli industriali a preferire senza esitazione il carbone e farebbe dileguare ogni speranza di ulteriore sviluppo delle industrie idroelettriche, le quali in non piccola parte hanno contribuito al risveglio economico del nostro paese;

7) Che la sospensione delle concessioni viene a ledere gravi interessi provenienti da impegni già contratti;

8) Che data tale sospensione, ogni legge che aggravasse i canoni verrebbe in certo modo ad avere un effetto retroattivo sui progetti attualmente in corso, per i quali già da tempo fu presentata domanda di concessione;

9) Che per combattere ogni illecita speculazione che aggravi in misura qualsiasi il vero industriale, si debbono escogitare mezzi che non portino a questo danni ancora maggiori;

10) Che la circolare 9 febbraio equivale alla sospensione ordinata nella successiva circolare del 21, inquantochè contiene condizioni tali che nessun serio industriale potrebbe accettare;

11) Che, a termini dell'art. 2° dello Statuto, uno dei fini dell'Associazione è quello di contribuire allo sviluppo industriale dell'elettrotecnica;

FA VOTI

perchè le disposizioni contenute nelle dette circolari (9 e 21 febbraio) vengano sollecitamente revocate, e perchè qualunque siano le modificazioni della legge vigente sulle derivazioni delle acque pubbliche che il Governo intende presentare all'approvazione del Parlamento non vengano in alcun modo inasprite le imposte attuali.

Il Presidente
M. Ascoli.

SEZIONE DI TORINO.

8 marzo 1902, ore 20,45. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione del socio prof. dott.* P. STRANEO: « *Sulla interpretazione dei fenomeni dell'elettrolisi con correnti alternate* ».
2. *Comunicazione del socio prof.* A. GARBASSO: « *Sulle correnti di scarica dei condensatori* ».
3. *Relazione dei Revisori dei conti.*
4. *Bilancio consuntivo 1901.*
5. *Bilancio preventivo 1902.*

Presiede il Presidente comm. Roberto Cattaneo. Sono presenti 36 Soci individuali e rappresentati due collettivi.

Si legge e si approva il verbale della precedente seduta.

Il prof. Straneo fa la comunicazione all'Ordine del giorno, accolta da vivi applausi. Il prof. Grassi chiede alcune informazioni, alle quali risponde il prof. Straneo, con numerosi dati, dedotti da sue esperienze. Il prof. Garbasso parla *Sulle correnti di scarica dei condensatori:* nella teoria classica del Thomson si trova per la carica raccolta sull'armatura isolata del condensatore, mentre l'altra è a terra, una equazione differenziale, lineare, omogenea e del secondo ordine. L'oratore, supponendo che il circuito di scarica sia costituito da due fili disposti in parallelo, trova invece per la quantità di elettricità una equazione lineare sempre ed omogenea, ma del terzo ordine. Essa ha una caratteristica di terzo grado, fornita, dunque, di una radice reale, almeno. Si ottiene come conseguenza che la corrente nei due fili o è continua o risulta dalla sovrapposizione di un termine alternativo con un altro che mantiene il suo segno per tutta la durata del processo. L'oratore illustra da ultimo alcuni casi particolari. Il prof. Garbasso è calorosamente applaudito. Grassi esprime il vivo interesse per il problema comunicato, importante anche per gli elettrotecnici.

Il Presidente presenta i Bilanci consuntivo 1901 e preventivo 1902. Artom legge la Relazione della Commissione del Bilancio. Chiede spiegazioni Morra, dopo di che l'Assemblea approva il Bilancio 1901. Sul Bilancio 1902 chiede informazioni Grassi. Peyron raccomanda l'impianto della Biblioteca e l'abbonamento a numerosi periodici. Garrone si associa, proponendo che per la costituzione della Biblioteca si deleghi una Commissione, nominata dalla Presidenza. Il Presidente comunica essersi già deliberato dal Consiglio l'acquisto della Biblioteca; quanto ai periodici, per quest'anno può bastare lo stanziamento che figura in Bilancio, avendosi a disposizione quelli appartenenti alla Sede Centrale; si aumenterà la dotazione in futuro. L'Assemblea approva il Bilancio 1902 e la proposta Garrone. Il Presidente chiama a far parte della Commissione per la Biblioteca gli ingegneri prof. Ferraris, Peyron e Thovez.

Al presente verbale sono annessi i Bilanci approvati e la Relazione della Commissione del Bilancio.

La seduta viene levata alle ore 22,45.

Bilancio consuntivo 1901.

	ATTIVO				PASSIVO			
	Preventivo		Consuntivo		Preventivo		Consuntivo	
Cassa al 31 dicembre 1900 . .	2084	96	2084	96	—	—	—	—
Incassi quote Soci ordinari . .	2400	00	2790	00	—	—	—	—
» » non residenti	400	00	540	00	—	—	—	—
» » collettivi . .	800	00	880	00	—	—	—	—
Incasso quota 1900	—	—	30	00	—	—	—	—
Concorso Sede Centr. per affitto	200	00	200	00	—	—	—	—
Interesse Conto Cassa	—	—	102	50	—	—	—	—
Entrate varie	—	—	716	20	—	—	—	—
Alla Sede Centrale	—	—	—	—	1400	00	1540	00
Alla Federazione	—	—	—	—	1900	00	1599	85
Spese Segreteria e varie . . .	—	—	—	—	500	00	204	20
Spese impianto Sede	—	—	—	—	1000	00	2147	25
Saldo cassa	—	—	—	—	1084	96	1852	36
	5884	96	7343	66	5884	96	7343	66

Bilancio preventivo 1902.

	ATTIVO		PASSIVO	
N. 100 quote Soci ordinari	3000	00	—	—
» 25 » non residenti	500	00	—	—
» 25 » collettivi	1000	00	—	—
Concorso Sede Centrale per affitto	200	00	—	—
Saldo cassa 31 dicembre 1901	1852	36	—	—
Alla Sede Centrale: 125 quote a L. 10	—	—	1250	00
» 19 » » 20	—	—	380	00
Alla Federazione . . . . , ...	—	—	2000	00
Spese Segreteria	—	—	450	00
Abbonamento a periodici	—	—	150	00
Spese impianto straordinarie	—	—	300	00
Spese varie impreviste	—	—	250	00
Saldo cassa al 31 dicembre 1902	—	—	1772	36
	6552	36	6552	36

Firmati:

I Revisori dei conti:

Ing. ALESSANDRO ARTOM

Ing. TERENZIO CHIESA

Ing. ENRICO GUAGNO.

Il Presidente

ROBERTO CATTANEO.

Il Segretario

ENRICO SEGRÉ.

25 marzo 1902, ore 20,45. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Proposta di modificazione al 3° e 4° alinea dell'art. 8 del Regolamento:*

   « Le deliberazioni delle adunanze saranno valide qualunque sia il numero dei Soci intervenuti, purchè prese a maggioranza dei votanti. Però è in facoltà di tre fra i Soci presenti di domandare la constatazione del numero di essi, nel qual caso, se questo non risulterà superiore al quinto dei Soci residenti, non si potrà procedere alla votazione, ed essa dovrà rinviarsi ad una riunione successiva, nella quale le deliberazioni saranno valide qualunque sia il numero dei Soci intervenuti ».

2. *Proposta dei soci* BRANCHINETTI, FONTANA, GUAGNO, JEAN, PINNA, PRAT, SALVOTTI, SASSERNÒ, VEROJ:

   Modificazione all'ultimo comma dell'art. 13 del Regolamento della Sezione, oltre a quanto fu votato nell'Assemblea 8 gennaio 1902: « Il Presidente e il Vice-Presidente sono immediatamente rieleggibili alla stessa carica ».

3. *Elezione di quattro membri della Commissione per il « Regolamento delle norme di sicurezza negli impianti elettrici ».*
4. *Elezione dei Revisori dei conti per il 1902.*
5. *Proposta della Sezione di Genova:*

   « Riduzione della quota da versarsi dalle Sezioni alla Sede Centrale, modificando l'art. 8 dello Statuto ».

Presiede il Vice-Presidente ing. prof. Lorenzo Ferraris. Sono presenti 42 Soci individuali e rappresentati 9 collettivi.

Il Presidente comunica che la Presidenza, cui l'Assemblea dell'8 gennaio aveva dato pieni poteri, ha redatto il nuovo Regolamento, modificando il vecchio secondo quanto fu votato, inserendovi alcune disposizioni contenute nello Statuto e semplificando in qualche parte la forma. Ma ritiene conveniente che l'Assemblea lo approvi tutto. Pinna, benchè contrario *in principio* alla immediata rieleggibilità delle cariche, ha posta la sua firma alla proposta che modifica l'art. 13 del Regolamento, nel senso di rendere immediatamente rieleggibili anche il Presidente e il Vice-Presidente. E questo perchè non ritiene nè giusto nè logico che tale rieleggibilità si debba limitare ad una parte delle cariche dell'Ufficio di Presidenza, e cioè al Segretario e al Cassiere. Aggiunge che se fosse stato presente alla seduta dell'8 gennaio, nella quale fu approvata l'immediata rieleggibilità *limitatamente* al Segretario e al Cassiere, avrebbe votato contro questa proposta. Diatto crede che la discussione debba limitarsi alle modificazioni all'ordine del giorno. Arcozzi osserva che il Presidente ha abbandonato i pieni poteri concessigli; propone rispondere a cortesia con cortesia, discutendo solo l'ordine del giorno. L'Assemblea approva.

Arcozzi è contrario alla modificazione proposta al N. 1, che ritiene equivoca e pericolosa. Il Presidente e Segrè dànno spiegazioni sul concetto che l'ha informata. Diatto vi è favorevole. Pinna e Arcozzi propongono lasciare in vigore l'antica disposizione. Il Presidente, visto l'andamento della discussione, ritira la proposta.

De-Benedetti invita i firmatari della proposta al N. 2 a volerla ritirare, poichè uno di essi, l'ing. Pinna, si è dichiarato contrario al principio. Pinna, in coerenza a quanto già espose, dichiara che se la proposta ora in discussione non fosse accettata, ritiene che si dovrebbe annullare la deliberazione presa l'8 gennaio, senza che allora fosse all'Ordine del giorno, mantenendo tutte le cariche non immediatamente rieleggibili. De-Benedetti si oppone all'annullamento, non essendo all'Ordine del giorno. Baer crede non sia conveniente tornare indietro; egli è favorevole alla rieleggibilità del Presidente e del Vice-Presidente. Diatto non comprende perchè, dato si creda aver commesso un errore, si debba ingrandirlo, trattandosi poi di cariche di maggiore importanza. Negretti è partigiano della rieleggibilità, per la quale si ha la massima libertà d'azione nel votare. Pinna insiste che poichè si è approvata per il Segretario ed il Cassiere, si estenda al Presidente ed al Vice-Presidente. Salvotti propone un emendamento nel senso di limitare la rielezione ad una sola volta. De-Benedetti ne propone un altro, per cui si richieda in tal caso la maggioranza dei due terzi dei votanti. Il Presidente mette in votazione la proposta al N. 2 dell'ordine del giorno; dichiara di esservi contrario e di votare in conseguenza. L'Assemblea approva la rieleggibilità del Presidente e del Vice-Presidente. Gli emendamenti Salvotti e De-Benedetti sono respinti.

L'Assemblea delega la Presidenza a nominare i membri della Commissione per il « Regolamento delle norme di sicurezza negli impianti elettrici ». Il Presidente chiama a farne parte gli ingegneri Caramagna, Chiesa, Prat e Silvano.

Vengono eletti a Revisori dei conti effettivi gli ingegneri Artom, Chiesa e Vinca, e a supplenti gli ingegneri Guagno e Frascari, con 33 voti sopra 33 votanti.

Si rinvia, causa l'ora tarda, ad altra adunanza, la discussione del N. 5 dell'Ordine del giorno.

La seduta viene levata alle ore 23,45.

SEZIONE DI MILANO.

28 febbraio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Approvazione dei Bilanci.*
3. *Discussione sulla seguente modificazione proposta dalla Sezione di Genova all'art. 8 dello Statuto: « Ogni Sezione verserà alla Cassa della Sede Centrale L. 5 per ogni Socio individuale che alla fine dell'anno sia in corrente con la Cassa della Sezione, e L. 10 per ogni Socio collettivo c. s. ».*
4. *Discussione sulle seguenti modificazioni proposte dal socio ingegnere* ANGELO SILVA *al 4°, 5° e 6° capoverso dell'articolo 13 del Regolamento della nostra Sezione: « I Consiglieri della Sezione e quelli che la rappresentano al Consiglio generale si rinnovano annualmente per metà e sono rieleggibili. Il Presidente, il Vice-Presidente, il Segretario ed il Cassiere durano in carica tre anni e sono rieleggibili ».*

5. *Nomina di quattro Delegati alla Sede Centrale, di cui tre in sostituzione degli uscenti e non rieleggibili signori:* ESTERLE ing. CARLO, PANZARASA ing. ALESSANDRO, PIRELLI ing. G. B., *ed uno di nuova nomina, essendo aumentato da 5 a 6 il numero dei Delegati che competono alla Sezione di Milano in causa dell'aumento dei Soci.*
6. *Nomina di tre Consiglieri in sostituzione degli uscenti e non rieleggibili signori:* BERTINI ing. ANGELO, GRASSI prof. FRANCESCO, JONA ing. EMANUELE.
7. *Comunicazione del socio ing.* E. FUMERO *sulla « Trazione elettrica fluviale ».*

Presiede il prof. Luigi Zunini.

Il Presidente rende conto dell'operato del Consiglio, e riassume la vita sociale dell'anno 1901. Ricorda le gite compiutesi, le conferenze e le conversazioni sociali iniziate nel gennaio decorso. Fa notare il notevole incremento del numero di Soci.

Al 25 febbraio 1902 erano inscritti:

Soci residenti	144
» non residenti	76
» collettivi	55
Totale	275

contro un totale di 230 Soci inscritti al 1° gennaio 1901, e di 261 al 1° gennaio 1902.

Terminata la comunicazione, il Presidente propone, e l'Assemblea approva, di dare per letto il Bilancio consuntivo del 1901. Si mette in discussione il preventivo 1902 (Vedi pag. 146-47).

Al capitolo *Affitto e servizi,* l'ing. Silva fa notare la forte proporzione della spesa di L. 2000 per affitto. Ricorda che la Sezione di Roma spende solo 500 lire. Prega la Presidenza a voler iniziare pratiche per ottenere dalla Federazione una diminuzione della quota spettante alla nostra Sezione. Il Presidente rifà la storia della Federazione, spiega come si sia impegnati per tale cifra, e dà affidamento di iniziare trattative con la Federazione nel senso proposto dall'ing. Silva.

Al capitolo *Biblioteca,* l'ing. Silva chiede se esista regolamento per distribuzione libri e giornali ai Soci non residenti. Il Presidente osserva che finora non ci sono neanche i libri. È il primo anno che si assegna un fondo per questo scopo.

Al capitolo *Stampati,* l'ing. Silva chiede si stampi un elenco Soci con allegato il Regolamento di Biblioteca, il Regolamento della Sezione, lo Statuto della Società e la Convenzione con la Federazione.

Al capitolo *Spese postali,* l'ing. Silva chiede che per maggiore regolarità, invece di non mandare ricevuta a chi paga mediante cartolina-vaglia, si invii la tessera soltanto a chi ha pagato.

Intervengono nella discussione l'ing. Motta, l'on. De Andreis, il Presidente e l'ingegnere Bianchi, Cassiere della Sezione, il quale osserva che poichè la Sezione di Milano non ebbe nel passato anno Soci morosi, non è il caso di ritardare l'invio della tessera. L'ing. Silva non insiste.

Al capitolo *Contributo alla Scuola di Elettrotecnica,* l'on. De Andreis non vorrebbe che tale contributo, una volta deliberato, costituisse precedente e stabilisse massima. Non si oppone a votarlo invece se non riveste tale carattere. Il Presidente lo rassicura.

L'ing. Panzarasa propone che si stanzino in bilancio 200 lire per acquisto di apparati di proiezione ed analoghi, naturalmente col concorso delle altre Società confederate. Si accende un po' di discussione su questa proposta, avendo l'on. De Andreis manifestata l'opinione che la proposta non si possa fare discutendo il Bilancio. Gli ribatte l'ing. Silva che ogni Socio può proporre le spese che crede e l'Assemblea è libera di approvare o no. Il Presidente riassume la questione. Ritiene più conveniente che l'Assemblea autorizzi il Consiglio ad accordarsi colle Società confederate per l'acquisto di tali apparecchi. Ed in questo senso si vota e si approva. Dopo di che si mette in votazione il Consuntivo 1901 e poi il Preventivo 1902, che risultano entrambi approvati.

Prende la parola l'ing. Panzarasa, il quale propone sia respinta la proposta della Sezione di Genova, dimostrando l'impossibilità che la Sede Centrale possa adempiere al suo ufficio se le si dimezzano i redditi. L'Assemblea respinge la proposta.

L'ing. Silva svolge la sua proposta, correggendola nel senso di limitarla ai Consiglieri della Sezione. Il Presidente espone la ragione per cui nè egli, nè il Consiglio non condividano le opinioni dell'ing. Silva. Però propone che, non essendo molto numerosa l'Assemblea, la proposta Silva sia sottoposta ai Soci per mezzo di *Referendum*. L'Assemblea approva.

Si passa alla votazione delle cariche sociali.

I votanti sono 32. Il Presidente nomina a scrutatori gli ingegneri Romeo Nicola e Angelo Bianchi.

Risultano eletti:

a *Consiglieri della Sezione*, i signori:

Ing. Clerici Carlo . . . con voti 28
» Foscarini Adolfo . . » 28
» Merizzi Giacomo . . » 30

a *Consiglieri Delegati alla Sede Centrale*, i signori:

Ing. prof. Ancona Ugo . . con voti 31
» » Arnò Riccardo . . » 30
» Barberis Giovanni . . » 31
» Barzanò Carlo . . . » 30

a *Revisori effettivi*, i signori:

Ing. Boselli Luigi . . . con voti 30
» Coltri Carlo . . . » 29
» Vitale Maurizio . . . » 26

a *Revisori supplenti*, i signori:

Ing. De Strens Emilio . . con voti 31
» Frigerio Carlo . . . » 28.

Stante l'ora tarda, il Presidente, interpellato il signor ing. Fumero, propone, e l'Assemblea approva di rimandare la comunicazione del socio ing. Fumero ad una prossima adunanza.

L'Assemblea è tolta alle ore 22,45.

Conto Consuntivo de

AVANZO Anno Sociale 1901	L.			104	85
ENTRATA.					
Contributo Soci.					
Contributo di N. 121 Soci residenti	L.	3630	—		
» » 67 » non residenti	»	1340	—		
» » 49 » collettivi	»	1960	—		
N. 237					
Contributi 1900 riscossi nel 1901	»	80	—	7010	—
Interessi sul libretto B. P. al 31 dicembre 1901 . .	»			39	99
				7154	84

Conto Preventivo de

AVANZO Anno 1901	L.			584	97
ENTRATA.					
Contributo Soci.					
Contributo di N. 140 Soci residenti	L.	4200	—		
» » 80 » non residenti	»	1600	—		
» » 60 » collettivi	»	2400	—	8200	—
N. 280					
Interessi sul libretto B. P. al 31 dicembre 1901 . .	»			50	—
Credito verso il Municipio per rimborso dovuto della tassa valore locativo anno 1901	»			100	—
				8934	97

Il Segretario
ING. GIACINTO MOTTA.

Il Presidente
ING. LUIGI ZUNINI.

l'anno sociale 1901.

USCITA.

Affitto e servizi.					
Quota alla Federazione S. S. T.	L.	2000	—		
» tassa sul valore locativo 1900	»	100	—		
» tassa sul valore locativo 1901	»	100	—	2200	—
Contributo Sede Centrale.					
N. 188 Soci individuali	L.	1880	—		
» 49 » collettivi	»	980	—		
Contributi 1900 riscossi nel 1901	»	40	—		
Saldo contributo anno 1900	»	20	—	2920	—
Biblioteca.					
Abbonamento ai giornali	L.	191	85		
Acquisto numero mancanti arretrati	»	31	50		
Legatura giornali arretrati	»	52	—	275	35
Stipendio al Contabile	L.	360	—		
Gratificazione allo stesso	»	100	—	460	—
Stampati. Circolari, buste, ecc.	»			159	—
Spese postali, propaganda Soci e piccole spese	»			190	60
Cancelleria	»			20	—
Varie.					
Quota per riscossione contributi Soci 2 0/0	L.	140	20		
Gratificazioni e mancie diverse	»	130	—		
Disavanzo gite sociali	»	74	72	344	92
			L.	6569	87
Avanzo anno 1901			»	584	97
			L.	7154	84

l'anno sociale 1902.

USCITA.

Affitto e servizi.					
Quota alla Federazione S. S. T.	L.			2000	—
Contributo Sede Centrale.					
Contributo di N. 220 Soci individuali	L.	2200	—		
» » 60 » collettivi	»	1200	—	3400	—
Biblioteca.					
Acquisto libri	L.	300	—		
Abbonamento ai giornali	»	300	—		
Legatura giornali 1901-1902	»	50	—	650	—
Stipendio al Contabile	»			480	—
Stampati. Bilancio, circolari, ecc.	»			200	—
Spese postali, propaganda Soci e piccole spese	»			260	—
Cancelleria Registri, carta lettere, ecc.	»			100	—
Varie.					
Contributo pel Laboratorio della Scuola Operai elettricisti della Società d'incoraggiamento	L.	100	—		
Quota per riscossione contributi 2 0/0	»	164	—		
Gratificazioni e mancie diverse	»	100	—	364	—
Spese per conferenze			L.	300	—
			L.	7754	—
Avanzo anni 1900, 1901 e 1902			»	1180	97
			L.	8934	97

Il Cassiere

ING. ANGELO BIANCHI.

17 marzo 1902, ore 21,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Proposta di modificazione dell'art. 16 del Regolamento della Sezione di Milano.*
3. *Nomina di sei Delegati della Sezione di Milano a far parte della Commissione pel « Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici ».*
4. *Comunicazione del socio ing.* FUMERO *sulla « Trazione elettrica fluviale ».*

Presiede il Presidente ing. prof. Luigi Zunini, il quale apre l'adunanza alle ore 21,30, e dà la parola al socio ing. Fumero, che intrattiene i Soci sul tema: *Trazione elettrica fluviale*, e alla fine viene applaudito.

Il Presidente apre la discussione sulla conferenza Fumero, e non avendo chiesto la parola nessun Socio, passa alla proposta di modificazione dell'art. 16 del Regolamento della Sezione di Milano, cioè alla soppressione dell'inciso: *che dovrà essere firmata dal Presidente e controfirmata dal Segretario stesso*, e sua sostituzione con la parola *ordinaria*, modificazione che viene approvata all'unanimità.

Il Presidente invita i Soci a eleggere sei Delegati della Sezione di Milano a far parte della Commissione pel Regolamento per le norme di sicurezza per gli impianti elettrici, ed elegge a scrutatori i signori Jarach Federico e ing. Ettore Silva.

Prendono parte alla votazione 20 Soci, e vengono proclamati eletti ad unanimità i signori:

Barberis ing. Giovanni
Danioni ing. Filippo
Magrini dott. Franco
Panzarasa ing. Alessandro
Pontiggia ing. Luigi
Semenza ing. Guido.

L'adunanza viene tolta alle ore 23.

15 aprile 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione del socio ing.* ARCIONI *su « Un nuovo modello di kilowattometro trifase indicatore e registratore ». — « Uno smorzatore a liquido per apparecchi di misura da quadro ».*

Presiede il Vice-Presidente ing. A. Panzarasa, il quale apre l'adunanza alle ore 21,30, dando la parola al socio ing. Arcioni, di Ivrea, che intrattiene i Soci su *Un nuovo modello di kilowattometro trifase indicatore e registratore,* e su uno *Smorzatore a liquido per apparecchi di misura da quadro.*

Il conferenziere alla fine viene vivamente applaudito.

SEZIONE DI GENOVA.

30 gennaio 1902. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Processo verbale.*
2. *Comunicazioni della Presidenza*
3. *Bilancio preventivo 1902.*
4. *Proposte dei Soci.*

Presiede l'ing. Rumi, Presidente, e sono presenti 18 Soci.

Viene letto ed approvato il verbale della seduta precedente.

Il Presidente, mentre comunica che il Consiglio ha ammesso a nuovi Soci i signori Moltini e ing. Robbo, legge l'elenco dei Soci che, o perchè morosi o perchè passati ad altre Sezioni, cessano di far parte della Sezione di Genova. Accenna quindi alle condizioni della Sezione, e chiede se per i Soci che non hanno soddisfatto alla quota annua sia tenuta la Sezione al versamento corrispondente alla Sede Centrale.

L'Assemblea ad unanimità approva il seguente Ordine del giorno;

« L'Assemblea dei Soci della Sezione di Genova interpreta l'art. 8 dello Statuto nel senso che alla Sede Centrale debba essere corrisposta soltanto la quota dei Soci che effettivamente hanno fatto fronte ai loro impegni verso la Sezione ».

Il Presidente ing. Rumi passa in seguito a parlare del processo verbale dell'Assemblea generale tenuta in Roma, ed al proposito fa le seguenti dichiarazioni, che l'Assemblea delibera siano inserite nel processo verbale:

« 1) Associandomi all'ing. Salvadori, io richiamai la discussione avvenuta nell'Assemblea del 1898 a proposito della quota da versarsi alla Sede Centrale per ogni Socio; e richiamando e lo scopo dell'Associazione e il funzionamento della Sede Centrale, come era nella mente dei fondatori, io osservai che non devesi ritenere possa la Sede Centrale tesoreggiare, e che quindi il di più del necessario dovesse ritornare alle Sezioni, poichè in esse realmente deve svolgersi la vita dell'Associazione. Aggiunsi che tale era il concetto svolto da alcuni Soci della Sezione di Genova in una sua Assemblea. Interpellato però se quanto esponevo era quale Presidente della Sezione di Genova, mi feci premura di dichiarare che all'Assemblea generale io non potevo, nè dovevo essere che un semplice Socio. Mi fu osservato che la riduzione della quota non era all'Ordine del giorno, e che quindi non potevasi al proposito discutere. Acquietandomi a questa osservazione, dichiarai che in qualche modo si sarebbe fatto perchè fosse posta all'Ordine del giorno nella ventura riunione annuale;

« 2) Coerente al mio proposito previamente esposto, venuta in discussione la proposta dell'ing. Silva perchè fosse stanziata in bilancio una somma per premi, ho dovuto dichiarare che in sede di bilancio non riteneva si potesse approvare la proposta, poichè tendeva a stabilire un nuovo articolo nella parte passiva, senza che la proposta fosse all'Ordine del giorno, e perchè così venivasi a precludere la via all'invocata riduzione. Questa la causa per cui mi feci dare atto d'astensione nella votazione della proposta, che alcuni hanno creduto fosse di ostilità alla proposta medesima

« 3) Quanto alla discussione che si riferisce al Regolamento per le norme di sicurezza, appoggiando le considerazioni dell'ing. Silva, mi limitai a dimostrare che poteva detto Regolamento, male interpretato e peggio ampliato, divenire un continuo pericolo per gli elettrotecnici preposti alla direzione d'impianti elettrici, poichè poteva dare arma in mano ai giudici per deliberati che potrebbero contraddire con la pratica ordinaria sempre evolventesi. E ciò perchè ogni elettrotecnico potrebbe sempre sostenere essere nel vero con un suo speciale modo d'impianto ».

In seguito a queste dichiarazioni ed alla lettura d'una lettera della Sede Centrale relativa ai premi fissati per le Memorie di elettrotecnica inserite negli Atti (il che dà argomento ad alcuni Soci presenti di rilevare che le Memorie dei Soci dell'A. E. I. si leggono prima in altre Riviste che non negli *Atti*, e che alcuni Soci si resero morosi per l'eccessiva somma che si paga alla Sede Centrale, lasciando intristire la Sezione), l'Assemblea delibera di proporre al Consiglio generale che sia modificato l'art. 8 dello Statuto così: « Ogni Sezione verserà alla Cassa della Sede Centrale L. 5 per ogni Socio individuale che alla fine dell'anno sia in corrente colla cassa della Sezione, e L. 10 per ogni Socio collettivo c. s. », e delibera inoltre, dando analogo mandato alla Presidenza, che di questa proposta siano informate le singole Sezioni dell'A. E. I. per sentire il loro parere.

Si approva in seguito il Bilancio preventivo 1902 e la proposta di indire, a mezzo di schede trasmesse ai Soci, la votazione per il *Referendum* sulla convenienza o no di pubblicare le norme di sicurezza per impianti elettrici. Infine vengono eletti a Revisori dei conti i soci Muratori, Capellini, Anfossi, e si dà mandato al Consiglio di nominare un Vice-Segretario, onde dare maggiore speditezza al disbrigo delle pratiche di Segreteria.

SEZIONE DI BOLOGNA.

8 febbraio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Lettura del verbale dell'Assemblea precedente.*
2. *Bilancio preventivo per l'anno 1902.*
3. *Chiusura della votazione del* Referendum *sulla pubblicazione di un « Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici ».*
4. *Comunicazioni del Consiglio Direttivo.*

Presiede il Presidente prof. Luigi Donati.

Si approva il verbale dell'Assemblea precedente.

Si dà lettura del Bilancio preventivo per l'anno 1902, che viene approvato.

Si fa lo spoglio delle schede per la votazione del *Referendum* per la pubblicazione di un Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici, e risulta che alla domanda posta se debba o no pubblicarsi tale Regolamento, **16** Soci hanno risposto **sì**, e **14** hanno risposto **no.**

Il socio ing. Pietro Lanino desidera vengano ricordate a verbale le norme con cui fu indetta la votazione sul *Referendum*, ed a tale uopo si allega al verbale della seduta la circolare inviata ai Soci e contenente le norme stesse.

Il Presidente dà comunicazione della proposta della Sezione di Genova per la riduzione della quota da pagarsi alla Sede Centrale, e delle deliberazioni della Presidenza della Sede Centrale per l'assegnamento di alcuni premi alle migliori pubblicazioni fatte sugli *Atti* della A. E. I.

L'Assemblea, dopo alcune raccomandazioni, dà mandato alla Presidenza di compilare le risposte alle due comunicazioni ricevute.

12 marzo 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Lettura del verbale della seduta precedente.*
2. *Nomina dei due membri, spettanti alla Sezione di Bologna, della Commissione incaricata di compilare il « Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici ».*

Presiede il Presidente prof. Luigi Donati.

Si approva il verbale dell'Assemblea precedente.

Si procede alla nomina dei due membri, spettanti alla Sezione di Bologna, della Commissione incaricata di compilare il Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici, e risultano eletti i signori ing. Pietro Lanino ed ing. Luigi Greppi.

SEZIONE DI FIRENZE.

7 gennaio 1902, ore 8,30 pom. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Lettura del verbale della precedente adunanza.*
2. *Comunicazione circa il* Referendum *sociale per la compilazione di un Regolamento sulle norme di sicurezza.*
3. *Nomina delle cariche sociali scadute.*
4. *Votazione dei Bilanci consuntivo e preventivo.*
5. *Proposta del socio ing.* RAMPOLDI *per la modificazione dell'art. 9 del Regolamento.*

Sono presenti all'adunanza 14 Soci e funge da Presidente il prof. Vimercati in in nome del prof. A. Pacinotti, assente.

Si dà lettura del verbale dell'Assemblea del 18 dicembre 1901. Dopo qualche osservazione da parte del socio ing. Rampoldi, è approvato. Il Consiglio prende buona nota delle giustificazioni addotte dal socio ing. Rampoldi per chiarire un fatto suo personale.

Sulla comunicazione circa il *Referendum*, prende per primo la parola il Consigliere Santarelli per esporre le ragioni che hanno indotto il Consiglio a presentare alla discussione il comunicato della Sede Centrale prima di passarlo alla votazione. Egli è d'avviso che uno scambio d'idee su quest'argomento debba essere utile, per chiarire nettamente la ragione del *Referendum* prima della compilazione di un Regolamento.

Il prof. Pasqualini chiede al Consigliere Santarelli quali fossero essenzialmente i motivi per i quali l'Assemblea annuale di Roma si decise di soprassedere sulla questione delle norme di sicurezza.

Risponde il Consigliere Santarelli rimandando, in sostanza, a quanto venne riportato negli *Atti* dell'Associazione, perchè i pareri erano diversi. In massima, i sostenitori di un Regolamento appoggiavano, per analogia, le loro argomentazioni alle soluzioni trovate in Germania e altrove. Il nostro Governo, o prima o poi, dovrà redigere un qualche cosa di analogo; è giusto quindi che l'unica Associazione competente in materia prevenga l'azione del Governo, perchè questo non cada in uno dei soliti Regolamenti mal fatti e mal rispondenti in pratica.

I contrari ponevano la pregiudiziale: « A chi dovrà servire questo Regolamento? Ognuno seguiterà a fare come ha fatto finora. Se il Governo farà un giorno un Regolamento cattivo, allora sarà il caso di combatterlo, ma non di proporne uno oggi ».

Il prof. Pasqualini si dichiara, in tesi generale, contrario ai regolamenti relativi alle applicazioni elettriche; desidererebbe solo che si dessero semplici norme tecniche come guida alla buona esecuzione degl'impianti, non regole tassative e restrittive, limitanti qualsiasi iniziativa di privati.

Il prof. Bazzi è contrario in massima alla proposta del Regolamento fatto dall'Associazione. Un Regolamento potrà essere utile in pratica; come tale non tocca a noi il redigerlo, ma al Governo, più direttamente interessato a questa utilità pubblica. Faccia pure, quindi, il Governo le sue proposte; interroghi l'Associazione, se crede. Allora solo si risponderà. Ma non è d'avviso che l'iniziativa debba partire dai Soci dell'A. E. I.

L'ing. Martinez osserva che un Regolamento sarà veramente utile se buono, inutile se cattivo. Tuttavia giudica opportuno lo studio di un Regolamento per parte dell'Associazione, non fosse altro che per poter levare di mezzo tanti regolamenti privati vigenti e poco giustificabili che finiscono per inceppare i costruttori senza alcuna ragione.

L'ing. Folco fa rilevare come la compilazione di un Regolamento sia una questione più difficile di quel che non sembri. Se il Regolamento sarà ricco di particolari, finirà per essere troppo restrittivo e scontenterà la maggiorenza dei costruttori; se conterrà solo norme generali, conosciute, risapute e seguite da tutti, diventerà perfettamente inutile.

L'ing. Raddi trova indispensabile la compilazione d'un Regolamento, come hanno fatto Stati esteri e come si è fatto coi regolamenti d'igiene. Non ritiene che possa venire inceppata l'industria dal Regolamento, del quale l'A. E. I. dovrebbe prendere l'iniziativa, che riuscirebbe di norma e di aiuto al Governo.

L'ing. Sizia è dello stesso avviso. In Svizzera vige una specie di Regolamento, emanato dall'Associazione Elettrotecnica, che è riconosciuto dal Governo, non essendovene altri in uso.

L'ing. Rampoldi è pure per il Regolamento.

Dopo animata discussione in vario senso, il Consiglio stabilisce d'invitare tutti i Soci al *Referendum*, dando loro comunicazione sommaria delle idee svolte nella seduta.

Il Vice-Presidente passa quindi alla nomina delle cariche sorteggiate, chiamando a scrutatori l'ing. Rampoldi e l'ing. Picchi.

Votanti n. 17, di cui 3 per corrispondenza.

Risultati eletti:

Vice-Presidente	Prof. G. VIMERCATI . . .	con voti	10
Consigliere	Ing. G. SANTARELLI . . .	»	15
»	Prof. L. PASQUALINI . . .	»	16

Pel *Segretario*, ballottaggio fra i Soci:

Ing. Picchi . . . . con voti 8
» Folco . . . . » 5
» Rampoldi . . . . » 4

Poichè, come avevano annunziato prima della votazione, il Vice-Presidente professore Vimercati ed il Segretario sorteggiato non intendono riassumere il mandato per obblighi professionali, viene rimandata alla prossima votazione la nomina delle due cariche sorteggiate: Vice-Presidente e Segretario.

A queste si aggiunge anche la nomina del Cassiere, avendo il socio ing. Boglione presentato le sue dimissioni, pure per obblighi professionali.

La votazione sui Bilanci preventivo e consuntivo non solleva obbiezioni. Vengono entrambi approvati con voti 16.

Il Presidente dà quindi comunicazione della proposta del socio Rampoldi in merito all'art. 9 del Regolamento. Essa è così concepita:

« Proporrei che l'art. 9 del Regolamento fosse modificato come appresso:

« Art. 9. — La Sezione dovrà tenere almeno tre adunanze generali all'anno: una entro il 20 gennaio per l'approvazione del Bilancio consuntivo e per il sorteggio delle cariche scadute; un'altra entro il 10 febbraio per l'elezione delle nuove cariche, e una terza entro il 10 marzo per l'approvazione del Bilancio preventivo ».

La proposta del socio ing. Rampoldi solleva vivace discussione; siccome però essa non può venire votata per mancanza di numero legale, come fa notare l'ingegnere Picchi, il Consiglio decide di rimandarla alla prima Assemblea, modificata come appresso, secondo la proposta del socio prof. Roiti, comunicata dal Consigliere Santarelli e col consenso del Socio proponente:

« Art. 9. — La Sezione dovrà tenere almeno tre adunanze generali all'anno: una entro il 1° dicembre per il sorteggio delle cariche sociali; un'altra entro il 20 dicembre per l'elezione delle nuove cariche, una terza entro il 20 gennaio per l'approvazione dei Bilanci consuntivo e preventivo. I nuovi eletti entreranno in carica il 1° gennaio ».

L'Assemblea è sciolta alle ore 23.

5 febbraio 1902, ore 8,30 pom. — Adunanza.

Ordine del giorno:

Dietro invito del Consiglio Direttivo, i Soci della Sezione Toscana si sono adunati in Adunanza generale il giorno 5 febbraio 1902 perr discutere il seguente Ordine del giorno:

1. *Lettura del verbale della precedente adunanza.*
2. *Votazione sul* Referendum *sociale.*
3. *Nomina delle cariche sociali vacanti.*
4. *Modificazione all'art. 9 del Regolamento.*
5. *Comunicazione del socio ing.* Santarelli: « *Sulle nuove lampade elettriche a vapori luminosi* ».

Sono presenti alla seduta 15 Soci. Presiede il prof. G. Vimercati.

Viene data lettura del verbale e viene approvato, non essendo stata fatta alcuna osservazione dai presenti. Soltanto il socio Raddi, con una lettera che vien letta, chiede alcune modificazioni al sunto delle parole da lui dette a proposito del Re-

golamento. Si decide di inserire nel verbale un breve sunto della sua rettifica, come furono del resto riportate in sunto tutte le altre discussioni.

Il prof. Vimercati comunica, dispiacente, la lettera del prof. Pacinotti, che insiste nel dare le sue dimissioni da Presidente della Sezione. Su proposta del Consigliere Bazzi, il prof. Pacinotti viene eletto per acclamazione *Presidente onorario* e si dichiara vacante la carica di Presidente effettivo.

Il Presidente comunica quindi una lettera della Sede Centrale riguardante i premi da conferirsi alle migliori Memorie stampate negli *Atti*. Se ne prende atto.

Il Consigliere Santarelli scusa l'assenza del socio Serpieri che rimette scheda di votazione.

È presentato il nuovo socio prof. Scarpa, che passa alla nostra Sezione.

Ha luogo quindi la votazione sui diversi argomenti all'Ordine del giorno.

I votanti sono 22, dei quali 8 per corrispondenza.

Sulla questione del Regolamento si dichiarano favorevoli alla compilazione di un Regolamento . . . . N. 13

Contrari . . . . » 7

Lasciano in bianco la scheda » 2

Totale N. 22

Nella votazione per le cariche vacanti riescono eletti:

a *Vice-Presidente*, il prof. Bazzi con voti 16; ricevono 2 voti Vimercati ed uno ciascuno Pasqualini, Roiti e Santarelli;

a *Segretario* viene eletto l'ing. Picchi con voti 21;

a *Cassiere* l'ing. Rampoldi con voti 17, e ricevono: 3 voti l'ing. Boglione ed uno l'ing. Santarelli.

Circa la modificazione dell'art. 9 del Regolamento, si dichiarano favorevoli alla sua modificazione n. 13 votanti, contrari n. 3 e lasciano scheda bianca n. 6. Non essendo raggiunta la metà più uno del numero dei Soci, la proposta non è approvata.

Il prof. Bazzi prende la parola dopo la votazione per ringraziare i colleghi e per dichiarare che per obblighi professionali non può accettare la carica di Vice-Presidente. Il Consiglio e l'Assemblea insistono per l'accettazione.

Il socio Santarelli dà quindi lettura della sua comunicazione: *Sulle nuove lampade elettriche a vapori luminosi*, e viene vivamente applaudito.

La seduta viene quindi sciolta.

7 febbraio 1902. — Adunanza.

Sunto della Comunicazione dell'ing. G. Santarelli: « *Sulle nuove lampade elettriche a vapori luminosi* ».

L'ing. G. Santarelli fa una comunicazione particolareggiata intorno ad un nuovo tipo di lampade elettriche, inventate dall'americano Cooper Hewitt, le quali utilizzano la luminosità prodotta nei vapori metallici rarefatti dal passaggio delle correnti elettriche, anche se limitate ai potenziali ordinari che si hanno sulle reti di distribuzione della luce nelle città.

Questa scoperta importantissima è da un anno l'oggetto di studi accurati e della più alta importanza scientifica per parte dell'inventore, e già in America ne sono state fatte pubbliche esperienze su larga scala, con tutte le volute garanzie di

autenticità nei risultati. Restano ancora da perfezionare alcuni dettagli di costruzione prima che l'invenzione possa entrare risolutamente nella pratica comune, ma già fin d'ora i risultati portentosi fanno ritenere che il più del cammino sia fatto. Con tali lampade pare si possano ottenere intensità luminose di oltre 1000 candele con un rendimento così elevato che a pari luce si verrebbe ad avere un consumo di energia di quasi un decimo di quello delle attuali lampade ad incandescenza.

Sunto della Conferenza tenuta dal prof. E. Bazzi *la sera del 22 marzo 1902, nella Sede della Sezione Toscana dell'A. E. I.*

Il prof. Bazzi, premesso che il telegrafo senza fili consta di un trasmettitore e di un ricevitore, passa ad illustrare con esperienze l'origine e lo sviluppo di ciascuna delle due parti.

Presenta l'esperienza originale del Calzecchi col tubo a limatura metallica (1884), del quale tutti i *coherer* usati nella telegrafia senza fili possono considerarsi come semplici modificazioni. Parla delle proprie esperienze eseguite fin dal 1888 nel Gabinetto di fisica del R. Istituto tecnico di Firenze con *coherer* a fiocco di limatura magnetica fra due punte magnetizzate; delle esperienze di Branly e Lodge (1890) e del *coherer* Marconi (1896). Dà anche un cenno sui *coherer* antidecoerenti adoprati in telefonia senza fili, e con uno suo a fiocco magnetico nichel-carbone fa funzionare un telefono. Spiega i processi adottati per la scoerizzazione dei ricevitori e l'ufficio dell'antenna ricevitrice.

Poi, tratteggiata la scoperta di Hertz (1894) sulla propagazione per onde della perturbazione provocata in un dielettrico dalla scarica oscillatoria, passa in rassegna le diverse forme di oscillatori di Hertz, Righi, Popoff, Tesla, Marconi e quelle proprie, immaginate per irradiare con l'antenna le onde Hertziane, e che costituiscono la parte essenziale del trasmettitore nella telegrafia senza fili.

Dall'associazione delle due disposizioni descritte risulta il telegrafo senza fili, di cui il Conferenziere presenta un tipo proprio che fa funzionare nella sala attraverso la massa del numeroso uditorio con precisione assolutamente perfetta.

Entrando a parlare dello sviluppo della telegrafia senza fili, l'oratore vi distingue tre periodi. Il periodo d'infanzia, che incomincia nel 1895-96 con i tentativi di Popoff, Narkevitch e Marconi, e termina col 1897, epoca in cui questi lancia i suoi primi messaggi a 15 chilometri attraverso il canale di Bristol. Il secondo periodo va dal 1897 al 1901 e comprende le prime installazioni pratiche di telegrafia fatte in Inghilterra, nella Marina d'Italia, di Francia e degli Stati Uniti; l'esperienza più importante di tale periodo è quella fatta da Marconi attraverso la Manica a 46 chilometri di distanza e con antenne che si trovavano interamente in vista l'una dell'altra. Il terzo periodo incomincia coll'esperienza fatta da Marconi fra la Francia e la Corsica a 175 chilometri di distanza, con antenne la cui visuale passava a 500 chilometri sotto il livello del mare e continua fino alle ultime esperienze a 3400 chilometri attraverso l'Atlantico.

Quest'ultimo periodo, oltre che per una più perfetta sintonia, per l'introduzione di un trasformatore Tesla e del piccolo trasformatore detto *jigger*, si distingue dai precedenti pel fatto che le antenne perdendosi di vista per la grande lontananza, diventa necessaria ed assume una funzione predominante la comunicazione delle antenne medesime colla terra. Ciò induce a supporre che le segnalazioni telegrafiche vengano trasmesse per mezzo di un circuito formato dal mare, dagli strati superiori dell'aria e da due piccoli tratti percorsi dalle onde Hertziane ra-

diate e ricevute dalle antenne. In altre parole, la telegrafia Marconiana si sarebbe trasformata perdendo il carettere di pura telegrafia Hertziana.

Nel corso della conferenza l'oratore accenna che i nuovi *coherer* a coesione magnetica, che hanno permesso a Tissot, in Francia (1900), di assicurare comunicazioni di una nettezza perfetta a 61 chilometri con antenne di 30 metri, erano già stati indicati nel brevetto italiano (novembre 1897) da esso preso pel suo *aforotelegrafo*. Come pure fa notare che l'oscillatore composto e il condensatore in derivazione sul *coherer*, resi noti dal Marconi nella sua ultima conferenza tenuta a Londra nel 1901, si trovano ben descritti in una nota da esso pubblicata nel fascicolo 10 agosto 1900 della *Rivista Scientifico-Industriale*, di Firenze, e che fino dal 1898 faceva pratiche per ottenere il brevetto tedesco di tali apparecchi.

Infine, accennando ai meravigliosi risultati ottenuti dal Marconi a bordo della *Philadelfia* alla distanza di 3400 chilometri, l'oratore si augura che il trionfo di Marconi sia fra breve completo e possa far brillare di un nuovo raggio la stella di gloria che incorona la patria nostra, sempre prima nel campo dell'elettricità.

SEZIONE DI ROMA.

21 febbraio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni.*
2. *Bilanci consuntivo e preventivo.*
3. *Elezioni delle cariche sociali.*
4. *Comunicazioni del prof.* F. LORI *« Sull'impiego delle correnti continue ed alternate nelle distribuzioni di energia elettrica ».*
5. *Proposta della Sezione di Genova per la riduzione del contributo delle Sezioni alla Sede Centrale.*

È approvato il verbale precedente.

Il Presidente comunica all'Assemblea l'ammissione del socio ing. Riccardo Pasca.

Legge in seguito le decisioni prese dal Consiglio generale dell'Associazione circa la proposta Silva, votata nell'ultima Assemblea generale a Roma, e comunica i risultati del *Referendum* della Sezione sul Regolamento per le norme di sicurezza.

Il Cassiere, ing. Lattes, prende la parola sul Bilancio consuntivo 1901 e preventivo 1902. Constata che nella nostra Sezione non vi è stato neppure un Socio moroso, e come, nonostante la forte spesa d'impianto della biblioteca (1000 lire), il consuntivo si chiuda ancora con un avanzo di circa 200 lire. Nota come per le conferenze il beneficio risultante dal Bilancio è ben poca cosa a confronto di quello molto più forte, sia pecuniario che morale, dell'aumento del numero dei Soci, dovuto ad esse per gran parte.

Quanto al preventivo per l'esercizio nuovo, sono stati tenuti gli stessi criteri che per quello precedente.

Nessuna osservazione è fatta ai Bilanci; solo viene proposto dal socio Colombo un aumento al compenso del personale. La proposta è accettata ed i Bilanci sono approvati.

È votato un voto di plauso al Cassiere.

Si procede in seguito all'elezione parziale delle cariche sociali.
I votanti presenti sono 28.
Riuscirono eletti:

Vice-Presidente: Prof. G. BANTI . . .	con voti	27
Cassiere: Ing. S. LATTES	»	26
Consiglieri: Ing. G. G. GIORGI	»	26
Comm. G. DELL'ORO . . .	»	27
Ing. R. SALVADORI	»	27
Prof. F. LORI	»	18

Il prof. Lori, prima di incominciare la sua comunicazione, ricorda quello che si fa abitualmente nelle Associazioni americane, le quali a giorno fisso tengono riunioni in cui si leggono dai Soci comunicazioni di indole scientifica e pratica, ma in tal modo da permettere ai Soci stessi di discutere gli argomenti trattati e di portare ognuno il contributo dell'esperienza personale.

Una cosa analoga desidererebbe avvenisse anche presso la nostra Sezione, ed anzi ne fa proposta formale.

A titolo di esempio, riferisce sulle Note lette in una seduta dell'Istituto Americano degli Ingegneri Elettrotecnici.

Nella prima di quelle Note, l'ing. Fergusson comincia a porsi la quistione a quale tipo di corrente (continua, alternata, monofase o trifase) debba darsi la preferenza in un impianto che voglia dirsi perfetto, per soddisfare tutte le esigenze del pubblico in una grande rete di distribuzione cittadina.

Enumera in quali servizi possa o debba essere preferito l'uno o l'altro tipo, e descrive l'impianto di Chicago, che si può dire unico nel suo genere e che presenta delle notevoli particolarità. La centrale distribuisce a tutte le sottostazioni della corrente trifasica ad elevato potenziale e bassa frequenza (25 periodi).

Nelle sottostazioni avviene la trasformazione in corrente continua là dove si ha un centro importante, in cui sia necessaria o l'illuminazione pubblica ad arco che funzioni meglio se agente a corrente continua, o motori di non grande potenza, come quelli degli ascensori, che in quei centri presentano una notevole importanza. Nei punti dove l'illuminazione pubblica o privata a incandescenza, o privata per archi, è in prevalenza, si ha trasformazione della corrente in monofase a frequenze più elevate. In fine, la forza motrice è data direttamente dalla trifase.

La ragione di avere scelto la corrente trifase a frequenza così bassa per la centrale, è da ricercarsi nel fatto che, specialmente in America, sono molto in uso i convertitori rotativi, cui meglio si addicono frequenze molto basse, e che la capacità e l'autoinduzione della linea hanno un'influenza minore nello spostamento di fase.

In un'altra Nota, il Robb si manifesta favorevole alla corrente trifase a 60 periodi per le città di mediocre importanza.

Nell'ultima, il Torchio accenna ad una distribuzione a corrente continua a tre fili e 500 volt di potenziale massimo, facendo rilevare il risparmio di rame che si ha con questo tipo di distribuzione. L'autore però ammette come risoluto il problema della pratica utilizzazione per ciò che riguarda il rendimento delle lampade ad incandescenza e delle lampade ad arco chiuso al potenziale elevato di 250 volt.

La comunicazione fa sorgere una discussione veramente interessante.

L'ing. Lenner dice che a Civita Castellana esiste già da tempo un impianto a corrente continua con distribuzione a 5 fili, funzionante con soddisfacentissimo risultato. L'ing. Del Buono accenna anche all'impianto di Perugia a 3 fili e 450 volt, in cui

si hanno direttamente le lampade ad incandescenza a 225 volt e le lampade ad arco a 4 serie sopra i 225 volt, mentre il potenziale massimo di 450 con una batteria di accumulatori è utilizzato per i trams cittadini.

L'ing. Salvadori crede che l'impianto di Chicago debba essere considerato come un impianto di gran lusso e possibile solo nelle condizioni di reti grandiose, come quelle che presentano le popolosissime città americane. Ad ogni modo, pensa che questo tipo di distribuzione sia sorto solo per le speciali condizioni in cui si trovava la città disseminata di piccole centrali a correnti continue o alternate, a seconda dei bisogni del quartiere in cui sorgeva, e per la predilezione che hanno gli Americani per i convertitori rotativi, che da noi hanno invece pochi fautori.

L'ing. Giorgi riferisce il risultato di alcune sue esperienze personali sulle lampade ad incandescenza a potenziali elevati, ed ha potuto constatare che il consumo di queste lampade, fornitegli dalle migliori Case costruttrici, si aggirava fra i 4 e 5,2 watt per candela.

Il prof. Banti accenna alla questione della grande convenienza della corrente alternata nell'illuminazione ad arco per uso dei privati.

La proposta Lori, che la Sezione stabilisca delle riunioni fisse, è accettata e si delibera che esse sieno tenute ogni primo venerdì del mese.

Stante l'ora tarda, è rimandata alla prossima seduta la discussione del 5° articolo dell'Ordine del giorno.

7 marzo 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni.*
2. *Proposta della Sezione di Genova.*
3. *Nomina di tre Delegati della Sezione nella Commissione per le norme di sicurezza.*
4. *Il socio cav.* N. REGGIANI *parlerà sulle « Applicazioni dell'elettricità nella metrologia ».*

È approvato il verbale della seduta precedente.

Il Presidente comunica il risultato complessivo del *Referendum* sul progetto per le norme di sicurezza. Essendo stato approvato a grande maggioranza, la nostra Sezione deve eleggere tre Delegati per la Commissione relatrice del progetto. Comunica inoltre l'ammissione dei nuovi soci Coari, Manzilli, Franciosi, De Benedetti e Gianetti. Dà in seguito lettura di una lettera dell'ing. Gadda sulla circolare ministeriale per la sospensione della concessione delle derivazioni di acque pubbliche. In essa si rileva il danno che segue da quella sospensione inopportuna all'industria nazionale e desidera che l'Associazione assuma un'iniziativa in questa cosa.

Vista l'importanza dell'argomento, si decide di metterla all'Ordine del giorno per la prossima adunanza.

Il socio cav. Pozzi scrive al Presidente, facendo proposte affinchè la nostra Sezione si interessi direttamente sulla Scuola di Elettrotecnica popolare esistente in Roma; si decide di mettere anche questo all'Ordine del giorno della prossima seduta, dopo aver preso accordi più precisi col socio Pozzi.

Si passa in seguito alla discussione del 2° articolo dell'Ordine del giorno, e cioè della proposta della Sezione di Genova di modificare l'art. 8 dello Statuto così:

« Ogni Sezione verserà alla Cassa della Sede Centrale L. 5 per ogni Socio individuale, che alla fine dell'anno sia in corrente colla Cassa della Sezione, e di L. 10 per ogni Socio collettivo c. s. ».

Quando questa proposta venga accettata, la Sede Centrale curerà di ridurre le spese in corrispondenza del minore introito.

Il Presidente, nell'aprire la discussione su questo argomento, dice la sua opinione in proposito. Egli crede che la proposta della Sezione di Genova sia troppo radicale. Essa non solo intralcerebbe lo sviluppo, ma minerebbe l'esistenza stessa della Associazione Elettrotecnica, dappoichè, impedendo il funzionamento della Sede Centrale, non sarebbe lontano il giorno in cui si avrebbero in Italia una serie di piccole Società staccate formate dalle singole Sezioni, che non potrebbero avere certamente quell'autorità che loro deriva dall'essere riunite in un'unica Società italiana. Egli pensa che forse dallo studio delle condizioni del Bilancio della Sede Centrale si possa trarne partito per avvantaggiare finanziariamente le singole Sezioni, ma, se pure ciò si potesse, non si dovrebbe mai ottenere riducendo a tal segno la quota sociale versata alla Sede Centrale.

Egli dice che, poste tali condizioni, non si troverebbe certamente alcuno che in avvenire possa assumersi l'impegno di presiedere l'Associazione.

L'ing. Giorgi propone che si inviti la Sede Centrale a vedere se è possibile una riduzione ed in quale misura.

Il prof. Lori è recisamente contrario.

L'ing. Penso è invece favorevole; egli crede che si possa anche fare a meno degli *Atti* dell'Associazione ed, a somiglianza delle Società tedesche, ricercare un giornale che ne diventi l'organo.

L'ing. Giorgi pensa invece che sia grave danno sopprimere la pubblicazione degli *Atti*, perchè questo è forse l'unico utile che molti Soci lontani dai centri abbiano dall'Associazione. L'esempio citato dall'ing. Penso delle Società tedesche, non è generale, perchè le Associazioni analoghe alle nostre in Inghilterra ed in America pubblicano i loro *Atti*.

La discussione si prolunga animata e vengono presentati tre Ordini del giorno:

1° Ordine del giorno Lattes:

« La Sezione di Roma, mancando di elementi sufficienti per giudicare dell'opportunità di accettare o meno la riduzione proposta dalla Sezione di Genova, passa all'Ordine del giorno ».

2° Ordine del giorno Giorgi:

« La Sezione di Roma, presa in considerazione la proposta della Sezione di Genova, invita la Sede centrale a studiare, se è possibile, una riduzione, compatibilmente con gli impegni ai quali la Sede centrale deve provvedere ».

3° Ordine del giorno Banti:

« Presa in considerazione la proposta della Sezione di Genova, l'Assemblea accetta in massima la proposta della riduzione senza limitazione in essa contenuta, e che la questione sia messa all'Ordine del giorno del prossimo Congresso ».

Ha la precedenza l'Ordine del giorno Lattes, che viene approvato.

Si viene in seguito alla nomina dei tre Delegati per la Commissione del *Referendum*.

Il socio ing. Revessi propone che la nomina sia delegata al Presidente professore Ascoli.

La proposta è approvata all'unanimità.

La comunicazione del cav. Reggiani è rimandata alla prossima adunanza.

21 marzo 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni.*
2. *Il socio cav.* N. REGGIANI *parlerà sulle « Applicazioni dell'elettricità nella metrologia ».*
3. *Discussione sulla Circolare ministeriale relativa alle concessioni di acque pubbliche.*
4. *Scelta del tema per la prossima riunione del 1 aprile.*

Il socio ing. Salvadori, come osservazione al verbale della seduta precedente, fa notare che i verbali delle sedute delle altre Sezioni vengono spesso redatti in forma così concisa, che non è possibile al Socio che li legge di farsi un'idea precisa di quello che è stato detto e discusso nell'Assemblea. Prende occasione della presenza del Presidente, prof. Grassi, per pregarlo di rendersi interprete di questo desiderio presso le Segreterie delle varie Sezioni.

Il prof. Grassi è d'accordo in massima colle idee del Salvadori, ed ha talvolta pregato i Segretari delle altre Sezioni per avere verbali meno succinti; però crede che ciò debba dipendere solo dal fatto che il Redattore del verbale creda poco interessante estenderlo troppo.

Il verbale della seduta precedente è approvato.

Il Presidente, prof. Ascoli, comunica l'ammissione dei nuovi Soci: Ing. Bortolani Amilcare e Società Italiana dell'Elettro-carbonium.

Il socio N. Reggiani parla delle principali applicazioni dell'elettricità nella metrologia.

Classifica tali applicazioni in tre gruppi, secondochè l'elettricità è adoperata come forza motrice, oppure a produrre luce ed a misurare le temperature.

Accenna in primo luogo alle traslazioni automatiche dei carrelli, portanti le grandi casse d'acqua dei comparatori geodetici, ed ai movimenti degli agitatori d'acqua nelle casse medesime, per tenere costante la temperatura, e fa vedere alcune fotografie dimostrative, riferentisi anche alle macchine a dividere automatiche. Quindi accenna ai cronografi, tanto utili per registrare la durata delle oscillazioni del pendolo nelle determinazioni della gravità terrestre e nello studio delle bilancie per dedurre le leggi di decremento delle ampiezze delle oscillazioni e quelle della sensibilità col variare della temperatura.

In secondo luogo parla dell'illuminazione a costante intensità dei microscopi micrometrici e degli apparecchi di lettura a riflessione applicati alle bilancie. Indica l'utilità pratica degli elioscopi elettrici nelle operazioni geodetiche di primo ordine, ricordando principalmente le misure eseguite sulle alte montagne della Spagna e in Algeria. Descrive poi le mirabili applicazioni della luce elettrica per eccitare le sorgenti di luce monocromatica, al fine di poter definire le lunghezze in onde luminose, indicando l'apparecchio Abbe-Fizeau per la misura delle dilatazioni e l'ingegnoso e delicatissimo comparatore interferenziale di Michelson, col quale fu definito il metro internazionale in onde luminose di cadmio, creando così un testimonio naturale dell'unità fondamentale del sistema metrico decimale e realizzando le aspirazioni dei fondatori dello stesso sistema. E, dopo avere dimostrato il modo semplice e perfetto col quale il Michelson ed il Bénoit sono riusciti a coprire l'immenso intervallo fra una lunghezza d'onda luminosa ed il metro, indica le applicazioni del metodo alla definizione dell'unità di massa ed alla creazione di veri

prototipi di lunghezza, inferiori al metro, tanto utili nelle misure di alta precisione.

Infine riassume lo sviluppo della termometria elettrica, indicando i metodi di misura di La Chatelier, Siemens, Callendar, Harker e Chappuis, descrivendo un termoscopio elettrico, montato dal prof. M. Ascoli nel Gabinetto di fisica tecnica della Scuola per gli Ingegneri di Roma, durante la determinazione della gravità fatta dai compianti professori Pisati e Pucci, e il termometro di platino costruito da Chappuis ed Harker, col quale fu determinato l'andamento del termometro elettrico per le alte temperature, rispetto alla scala normale del termometro a idrogeno, mediante il solfo in fusione. Accenna anche alla grande utilità pratica dei termometri elettrici di platino, potendosi con un solo strumento misurare tanto le più basse temperature (liquefazione dell'idrogeno), quanto le più alte (fusione dei metalli), e conclude dicendo che risultati tanto utili per la scienza e per la pratica si possono ottenere soltanto col più sano collettivismo, quello, cioè, dell'intelletto e del lavoro.

La interessantissima comunicazione è vivamente applaudita.

Si passa in seguito alla discussione del terzo articolo dell'Ordine del giorno.

Il prof. Ascoli legge le due circolari, e crede che non vi potrà essere dubbio alcuno che la nostra Sezione debba prendere vivo interesse a questa questione, e che in proposito formoli un voto perchè le disposizioni contenute nelle circolari vengano revocate.

Domanda al prof. Grassi se la Sede centrale voglia interessarsi della cosa.

Il prof. Grassi dichiara che sarà lieto di raccogliere i voti di tutte le Sezioni per farne un memoriale unico da presentarsi al Ministro dei Lavori Pubblici, e manderà anzi con sollecitudine un invito alle altre Sezioni, perchè tutte esprimano il loro voto in proposito.

Dopo breve discussione l'Assemblea invita la Presidenza a formulare il voto da inviarsi alla Sede centrale.

Si stabilisce che nella prossima riunione l'ing. Zeuner parlerà sui sistemi di distribuzione dell'energia elettrica.

SEZIONE DI NAPOLI.

6 marzo 1902, ore 18. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Sorteggio dei Consiglieri da decadere ed elezione di due Consiglieri, del Segretario dimissionario e dei Delegati alla Sede centrale.*
3. *Presentazione del Bilancio consuntivo 1901. — Discussione del Bilancio presuntivo 1902.*
4. *Nomina dei componenti la Commissione incaricata di compilare un Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici.*

Presidenza prof. F. C. Paolo Boubée. Presenti i Soci ingegneri: De Biase, De Cristofaro, Cassitto, Foà, Bonghi, Bruno, Lombardi, Milone, Flora, Grismayer, Curti, Montù. Alle ore 18 il Presidente apre la seduta. Si vota per acclamazione il nome dell'ingegnere De Biase per la carica di Segretario.

Il Presidente espone il Bilancio preventivo pel 1902. Lo si approva.

Si procede alla nomina dei due Consiglieri al posto dei sorteggiati ingegneri De Biase e Cassitto. Votanti 13, astenuti 1.

Hanno riportato: l'ing. Grismayer voti 10, Milone 5, Cassitto 5, Amicarelli 4. Si proclama eletto l'ing. Grismayer e si procede al ballottaggio fra i signori ingegneri Milone, Cassitto e Amicarelli. Riportano: 8 voti il prof. Milone e 3 l'ingegnere Cassitto, 2 astenuti. Risulta così eletto il prof. Milone.

Si procede alla votazione pel Delegato alla Sede centrale. Votanti 13.

Hanno riportato: l'ing. Curti 10 voti, Ragno 2, Montù 1. Viene eletto così l'ingegnere Curti.

Sono eletti per acclamazione gli ingegneri Bonghi e Grismayer per Delegati alla Commissione in dipendenza del risultato del *Referendum* proposto dall'Ordine del giorno Esterle *per la compilazione di un Regolamento per gli impianti interni.*

L'ing. Bonghi propone si faccia una lettera di ringraziamento all'ing. Cassitto, uscente di carica dal Consiglio.

Alle ore 19 1|2 la seduta è tolta.

Prof. GUIDO GRASSI, *Redattore-Responsabile.*

Torino — Tip. Lit. Camilla e Bertolero di Natale Bertolero.

Vol. VI. Giugno 1902. Fasc. 3°.

Pubblicazione Mensile *Conto Corrente colla Posta*

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE - TORINO

INDICE.

Gli Autori delle Memorie ne riceveranno in dono 100 copie

ABBONAMENTO AL VOL. VI. L. 20

TORINO

TIP. LIT. CAMILLA E BERTOLERO DI N. BERTOLERO

1902.

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Sede Centrale: Torino, Via Bogino, 9

CONSIGLIO CENTRALE A. E. I.

(Triennio 1900-1902)

Presidente:	Prof. GUIDO GRASSI
Vice-Presidenti:	Prof. MOISÈ ASCOLI
	Prof. GIUSEPPE COLOMBO
	Prof. STEFANO PAGLIANI
Segretario Generale:	Ing. RAFFAELE PINNA
Cassiere:	Ing. ALESSANDRO ARTOM

Consiglieri delegati dalle Sezioni:

Torino. — Prof. P. P. Morra — Dott. Alberto Sassernò — Ing. Enrico Segré — Ing. Ettore Thovez.

Milano. — Prof. Ugo Ancona — Prof. Riccardo Arnò — Ing. Giovanni Barberis — Ing. Carlo Barzanò — Ing. Palamede Guzzi — Dott. Franco Magrini.

Genova. — Ing. Gustavo Dossman — Dott. Max Thoma.

Bologna. — Ing. E. Cairo — Ing. Alfredo Donati.

Roma. — Ing. Ferruccio Celeri — Prof. C. Mengarini — Cav. G. Rodano.

Napoli. — Ing. Franc. Amicarelli — Prof. Ing. Gaetano Bruno.

Palermo. — Prof. Michele Cantone — Prof. Elia Ovazza.

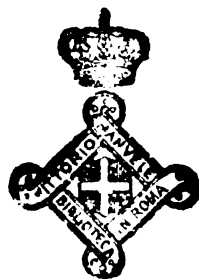
Firenze. — Ing. Francesco Sizia — Prof. Guido Vimercati.

Presidenti antecedenti: Galileo Ferraris (dal 27 Dic. 1896 al 7 Febb. 1897)
On. Prof. Giuseppe Colombo (1897-99).

VOL. VI. GIUGNO 1902. FASC. 3°

ATTI
DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SEDE CENTRALE — TORINO

N. 10.

L' INAUGURAZIONE
del Monumento a GALILEO FERRARIS
in Livorno Piemonte

I cittadini di Livorno Piemonte hanno sciolto il 18 maggio 1902 il voto sorto nel loro cuore fino dall'infausto giorno in cui l'ala della morte si posò sulla pensosa fronte di Galileo Ferraris: quello di eternare nel bronzo la nobilissima figura del più illustre loro conterraneo, dell'insigne elettricista, alle cui scoperte l'Italia scientifica deve tanta luce di gloria e il mondo industriale tanta somma di ricchezza e di prosperità.

Allo scioglimento di questo voto, espressione affettuosa del pensiero dei concittadini, non poteva mancare e non mancò l'omaggio dei discepoli, dei colleghi, degli amici e, primo fra tutti, quello dell'Associazione Elettrotecnica Italiana da lui fondata, e di quanti altri ammirarono ed amarono Galileo Ferraris per le fulgidissime doti della mente e del cuore; onde quella solennità, per la presenza di numerosi insigni personaggi, rivestì il carattere di un tributo nazionale degno della memoria dell'uomo a cui Livorno Piemonte si onora di avere dati i natali.

Pubblichiamo qui sotto le parole pronunziate in quella circostanza dal nostro Presidente prof. Guido Grassi ed il discorso inaugurale che, per incarico del Comitato Esecutivo, fu detto dal prof. Riccardo Arnò.

Discorso del prof. G. Grassi.

Nell'unire la nostra voce all'inno di ammirazione che si innalza in questo giorno solenne alla memoria di Galileo Ferraris, ci è dolce conforto all'animo rievocare la figura del sommo Scienziato, del Maestro insuperabile, dell'uomo carissimo che ebbe il dono inestimabile di farsi amare da tutti. Poichè tutti, colleghi, discepoli e quanti ebbero la fortuna di conoscere le doti di quella mente e di quel cuore, mentre ne sentivano la superiorità, erano attratti a volergli bene.

Fu sommo nella scienza; la sua mente acuta lo guidò sempre per la via più diretta a risolvere i più ardui problemi; Egli vedeva la meta lontana, che si nascondeva all'intelletto comune, e verso di quella si avviava colla sicurezza di raggiungerla, sorretto dalla profonda conoscenza delle dottrine scientifiche e dalla potenza del suo ingegno.

Ma se l'ardente aspirazione a conoscere il vero Egli cercava di appagare collo studio indefesso, non meno intenso fu in Lui il desiderio di far partecipi i suoi scolari dei nuovi trovati scientifici, di tutta quella nuova scienza che si veniva svolgendo e per la quale Egli stesso non cessava di manifestare la sua meraviglia. Perciò, mentre fu uno dei creatori della elettrotecnica moderna, fu pure Colui che più d'ogni altro contribuì a diffonderne lo studio in Italia.

Se la elettrotecnica deve a Lui il campo magnetico rotante, e i classici lavori, coi quali Egli fondava la teoria completa dei trasformatori e dava il più potente impulso allo studio delle correnti alternate, che costituiscono l'elemento essenziale delle più grandiose applicazioni moderne della elettricità — noi dobbiamo pure a Galileo Ferraris la prima Scuola d'elettrotecnica in Italia, dove si educò una coorte di ingegneri elettricisti e di valorosi cultori della elettrotecnica, i quali oggi tengono alto il nome italiano in questo campo di studi e vanno raccogliendo le ricche messi che il Maestro vi ha seminato.

Galileo Ferraris attingeva la forza del suo insegnamento all'entusiasmo che in Lui destavano le bellezze della scienza, alla fede nel successo di questa. Egli fu tra i primi a leggere con sicurezza nell'avvenire dell'elettrotecnica e con magistrale dottrina additò quale doveva essere la via da battere.

Dottissimo in tutto il vasto campo delle scienze fisiche, fin nei suoi primi lavori scientifici, dai quali forse traspare già una predilezione per lo studio dei fenomeni elettrici, segnò le impronte caratteristiche del suo ingegno. In essi si manifestano le sue vedute, il metodo che

MONUMENTO A GALILEO FERRARIS

In Livorno Piemonte.

Egli seguirà poi sempre, convinto che esso è il solo che può condurre alla meta; portare in tutte le ricerche, anche quando debbano avere uno scopo pratico, tecnico, tutto il rigore dell'analisi scientifica; e nulla Egli lascia d'inesplorato, non il minimo particolare sfugge mai alla sua indagine acuta, profonda.

È questo il metodo che i grandi maestri delle scienze fisiche ci hanno insegnato, ma nessuno meglio di Galileo Ferraris seppe applicarlo e mostrarne l'utilità, col successo delle sue ricerche e colla efficacia del suo insegnamento.

E perciò egli fu il Maestro di noi tutti nella nuova scienza, e la sua fama corse ben presto in Italia e fuori; il suo nome fu la nostra insegna, la sua cattedra il faro, al quale convergevano tutti gli sguardi del mondo elettrotecnico in Italia. E quando sorse l'idea di costituire una Associazione Elettrotecnica, fu intorno a Galileo Ferraris che noi ci raccogliemmo; intorno a Lui, perchè Egli era il nostro Maestro, il nostro grande e buon Maestro, che tutti amavamo; perchè di Lui era saggio il consiglio, e la sua parola, che nasceva sempre da matura riflessione e rivelava un retto e sicuro giudizio, era da tutti desiderata, ammirata e rispettata. Ed uomini insigni di Europa e d'America gareggiavano nel rendergli onore e, attratti dalla genialità delle sue opere e del suo carattere, si compiacevano di onorare in Lui questa nostra Italia, che colla prôpria gloria accresceva quella di tutte le nazioni civili. E noi ci raccogliemmo intorno a Lui, perchè Egli era la nostra gloria.

Ed ora siamo accorsi con entusiasmo e plaudenti alla patria di Galileo Ferraris, che volle con nobile iniziativa erigere alla memoria di Lui un insigne monumento e tributargli solenni onoranze in questa memorabile giornata.

Altro, più modesto, ma pur duraturo monumento, noi vi offriremo tra breve, colle *Opere di Galileo Ferraris*, che, sotto gli auspici della nostra Associazione Elettrotecnica, saranno raccolte in volumi, che formeranno il più prezioso ornamento della biblioteca di tutti gli elettrotecnici italiani.

Siano queste, o Galileo Ferraris, insieme coi monumenti di bronzo e di marmo, il simbolo della riconoscenza che a Te deve la Tua patria, siano l'eco della Tua parola che ci ammaestri, siano il faro che ci guidi sul cammino della scienza, alla conquista di quel vero e di quel bello, che furono gli ideali del Tuo alto intelletto.

Discorso del prof. R. Arnò.

L'importanza vera di una grande scoperta si riconosce essenzialmente dalla utilità non solo, ma eziandio dalla rapidissima varietà e molteplicità delle sue applicazioni pratiche. Gli è come un soffio animatore di vita nuova che si innalza sopra di noi, e si diffonde indefinitamente. Più le applicazioni del nuovo trovato vanno estendendosi, e più si rimane attoniti dinanzi a tanta potenza del genio che ha saputo raccogliere così miracolosi risultati. Si direbbe che Egli, sorpreso un lampo nell'etra, lo abbia ghermito al volo, e si sia impadronito della sua luce celeste. Tutto ciò pare una rivelazione divina, e tale è veramente nelle sue straordinarie conseguenze. Allorquando un concetto originale, concepito come per mistico miraggio, entra nel novero dei fatti, e li trasforma, dando loro un indirizzo non mai prima immaginato, questo concetto esce dalla cerchia del naturale, e rende plausibile l'ipotesi che la divinità lo abbia inspirato.

Così è accaduto, o signori, nel mondo dell'elettrotecnica, all'annunzio delle immortali scoperte di Alessandro Volta e di Antonio Pacinotti, ai quali l'umanità non si stancherà mai di tributare e plausi e lodi.

All'illustre Pisano, a questa fulgida gloria vivente, inviamo, o signori, in quest'ora solenne, il caldo saluto dei nostri cuori, che commossi e palpitanti, si agitano per battere insieme all'unissono, innalzando un inno di riconoscenza imperitura al sublime scopritore della macchina a corrente continua; al divino conquistatore di quella pila che commosse e fece sussultare tutto l'orbe terracqueo; al sommo inventore del motore a campo magnetico rotante, che — auspice questa alma Livorno — noi vogliamo oggi onorare. Davanti a questa triade gloriosa di Grandi — e tutti italiani — il nostro cuore si riempie di legittimo orgoglio, l'anima nostra è compresa da entusiastica esultanza per così veri, forti e sacramentali trionfi della scienza, tutte le nostre facoltà intellettive, tutti i nostri sentimenti si raccolgono in una sintesi di affetto, di ammirazione, di gratitudine inestinguibile.

Come per le scoperte del Volta e del Pacinotti, così pure è successo per quella di Galileo Ferraris. Sono ancora verdi le zolle che adornano la sua venerata tomba — ormai divenuta un altare sacro al culto della

Verità e della Bellezza —; non è ancora cessata fra noi la eco di quell'immenso dolore che tutti accasciò per il suo immaturo abbandono; ed ecco che il suo *campo rotante*, meteora luminosissima, sovra tutto il mondo si va estendendo con la sua benefica luce. Chi può dire dove e quando se ne arresteranno le innumerevoli applicazioni? Un problema risolto per sùbita intuizione, che pare sovrannaturale; una difficoltà che sembrava insuperabile ed è vinta come per incantesimo: ed ecco che tutto si muove, si agita, si trasforma; ecco la natura stessa, attaccata ne' suoi più gelosi recessi, costretta a cedere al volere dell'uomo.

Dinanzi a così grandiosi fatti, a me, lo confesso, trema il cuore nel dover parlare ancora del Grande Maestro. A me, che ebbi la invidiabile sorte di assistere alle sue preziosissime lezioni; a me, che ancora sento ripercotersi nell'anima commossa la sua dolcissima voce; a me, cui egli volle bene e chiamò amico; a me pare sempre di dire troppo poco in confronto dell'altissimo soggetto, e per ciò temo pur sempre di non sapermi abbastanza elevare all'altezza di così ponderoso argomento. Valgami pertanto il buon volere — e, più che tutto, la cortese indulgenza vostra — nel sostenere un così grave còmpito, che di molto è superiore alle mie deboli forze. Unico immutabile scopo nostro sia quello di tutto mettere in opera, onde, confortati dal benefico riverbero della sua gloria imperitura, noi possiamo renderci onninamente degni di tanto Maestro! L'argomento, però, mi è così caro al cuore ed all'anima, che io non saprò mai abbastanza rendere grazie ed esprimere la profonda mia gratitudine all'onorevole Comitato, che gentilmente si compiacque affidarmene la trattazione.

Quanto sia semplice il principio a cui si informa la grande scoperta del campo magnetico rotante, giudichino i miei cortesi ascoltatori dal come il concetto si possa a tutti rendere accessibile, con la stessa facilità come se si trattasse di narrare la storia della lampada oscillante del Galilei, o della caduta della mela di Newton.

Se si colloca, nelle vicinanze di un magnete rotante, un cilindro metallico, il cilindro segue il magnete nella sua rotazione: questo e quello si trovano come l'uno all'altro collegati da un ingranaggio etereo invisibile, esistente nello spazio che separa il cilindro dal ma-

gnete. È questa l'antica e classica esperienza di Arago, che si ripete nei corsi elementari di fisica e che tutti conoscono.

Ecco una trasmissione di energia, senza organi meccanici, che si effettua nel brevissimo spazio interposto fra il cilindro metallico ed il magnete. Questo ne è il generatore, quello il motore: allorchè il primo è posto in rotazione, il secondo si pone in movimento.

Trasportare a grande distanza dal cilindro metallico il magnete rotante, produrre per mezzo di questo determinate correnti elettriche, ed ottenere con le dette correnti, circolanti in spirali immobili, gli stessi effetti che si hanno allorquando il magnete è posto in rotazione nelle vicinanze del cilindro, ecco il grande problema della trasmissione elettrica dell'energia, la cui soluzione, balenata quale guizzo di fuoco cosmico e celeste, si rivelò come per incanto sovrumano, in un'ora di riposo e di svago, alla mente di Galileo Ferraris.

È noto che se un punto è sollecitato a muoversi simultaneamente con due moti alternativi in direzioni perpendicolari l'una all'altra, per modo che il punto stesso si trovi, per effetto dell'uno e dell'altro movimento, rispettivamente nella sua posizione iniziale ed alla metà del suo cammino, i due moti alternativi ne generano uno circolare continuo del punto considerato.

Si prendano ora a considerare due spirali poste ad angolo retto l'una rispetto all'altra, e rispettivamente percorse da due correnti alternative, di cui l'una presenti il suo massimo valore quando l'altra ha il valore zero, e viceversa. Per ogni punto dello spazio racchiuso da tali spirali, ove si sovrappongono i due campi magnetici alternativi generati dalle due correnti considerate, sta allora egualmente quanto si è detto succedere per il punto sollecitato dai due moti alternativi. E cioè in questo spazio si genera un campo magnetico rotante, precisamente come se un magnete fosse fatto rotare intorno all'asse di intersezione dei piani delle due spirali. Un cilindro metallico, sospeso in quel campo, si mette quindi in movimento, seguendo la rotazione del campo stesso, esattamente come accade allorquando il cilindro si trova sottoposto all'azione della calamita rotante.

Questo, o signori, è l'apparecchio classico e, dirò così, scientifico, che servì al Ferraris per verificare il meraviglioso suo concetto: dal quale con tutta facilità si passa al motore industriale, che il Ferraris stesso fece poscia costruire (tanto di questo, quanto di quello il Museo Industriale di Torino custodisce gelosamente i preziosi Cimelii), non occorrendo per ciò che disporre tutto il sistema — del cilindro e delle spirali — in uno spazio occupato, per quanto è possibile, da materiale magnetico. Un tale motore, oltre ad avere tutte le proprietà del motore a

corrente continua, ed essere anche a questo preferibile per l'estrema semplicità della sua costruzione, funziona, come è stato detto, mediante correnti alternative, la cui trasmissione — in grazia della loro semplice generazione e facile trasformazione — può essere resa pratica ed economica anche a grande distanza.

*
* *

Ora io qui debbo ricordare che, nell'anno stesso della grande scoperta — nel pensare a tanta potenza di mente l'animo si riempe di meraviglia e di ammirazione — Galileo Ferraris presentava all'Accademia delle Scienze di Torino uno studio teorico e sperimentale completo dei fenomeni che avvengono nei trasformatori a corrente alternativa, i quali, come è noto, comparvero per la prima volta, per opera del Gaulard, all'Esposizione di Torino nell'anno 1884. Questi apparecchi avevano destato una viva curiosità nel mondo scientifico ed industriale, e la Giuria dell'Esposizione nominava tosto una Commissione, di cui naturalmente faceva parte il Ferraris, coll'incarico di esaminare il nuovo trovato.

Le idee sulle correnti alternative erano in quel tempo affatto informi e disorientate: ed alcuni membri della Commissione, dopo le esperienze eseguite sui trasformatori Gaulard, si erano fatta la convinzione che questi non avrebbero mai potuto essere pratici ed industriali, trovando essi che i detti apparecchi assorbivano press'a poco la medesima energia sia lavorando a vuoto come a pieno carico. Il Ferraris, che non sapeva persuadersi di questi risultati, quale ardito e potente matematico che egli era, istituì allora una teoria completa del trasformatore, che lo condusse a scoprire il fenomeno, ignorato sino allora, che aveva falsato i calcoli fatti da tutti gli sperimentatori antecedenti: trovando, primo fra tutti, la formola con cui si calcola la potenza del trasformatore.

Queste ricerche ebbero nell'elettrotecnica un'importanza immensa, poichè esse furono quelle che per le prime richiamarono l'attenzione degli elettricisti sull'elevato rendimento dei trasformatori e lasciarono intravvedere la possibilità del trasporto economico dell'energia elettrica a distanza: la quale questione, di tanta importanza industriale, veniva, pochi mesi più tardi, completamente risolta dal Ferraris con l'invenzione del motore a campo rotante.

*
* *

Degli altri lavori di Galileo Ferraris, che tutti nella strada della scienza fanno da pietre miliari, già ebbi diffusamente a parlare in Torino all'Assemblea generale della Associazione Elettrotecnica Italiana. Così pure, in quella stessa Sede, ebbi allora distesamente a narrare come sia emerso nella mente divinatrice del sommo Maestro, in una sera memoranda dell'agosto del 1885, il principio del campo magnetico rotante.

Ad esplicare singolarmente, con finitezza tecnica, tutta la genesi e l'importanza di quest'opera immortale, occorrerebbe tempo maggiore che non sia consentito ad orazione inaugurale. Dirò soltanto che fu un poema eminentemente idealistico; una visione fatidica; un sogno celeste che, nato fra le nuvole d'una fervidissima fantasia del genio, si realizzò in terra.

Il campo magnetico rotante fu per Galileo Ferraris come una rivelazione istantanea; ma quanta intuizione di genio, quanta forza di percezione intellettiva si sviluppò d'un tratto in quel profondo pensatore, nell'atto di scoprire quel nuovo principio che in breve ora, e come per magico incanto, doveva arrecare tanta luce nel mondo della scienza. Certo è che il *Campo Ferraris*, non appena fu da tutti riconosciuto nelle sue applicazioni, sia nei laboratori degli studiosi, sia nelle officine dei costruttori, dovunque infuse tosto un fermento vivificatore, e tutti se ne appassionarono come di un grande avvenimento decisivo per la scienza e l'industria umana.

E quegli che ha assistito al pari di chi ha oggi l'alto onore di parlarvi, ai primi inopinati e sorprendenti trionfi della preziosissima conquista del Ferraris, ben può asseverare con tutta coscienza che niuna titubanza, niun dubbio, nessuna meticolosità di indagini e di prove si ebbero a verificare davanti alla semplice rivelazione di quella grande scoperta, che scioglieva il problema della trasmissione elettrica della energia, e donava alla scienza un nuovo principio fecondo delle più grandi e svariate applicazioni.

Ma, forse che a qualcuno fu dato prevedere le insperabili conseguenze dei risultati di questi studi? Forse che qualcuno saprebbe enumerare — e sì che il tempo trascorso non è lungo — tutte le applicazioni di questa scoperta e calcolarne gli immensi vantaggi apportati?

Forse che dal primo esperimento di Lauffen-Francoforte — sòrto sotto gli auspici del grande inventore italiano ed instituito col solo scopo

di dimostrare al mondo attonito che, grazie al Ferraris, il problema della trasmissione elettrica dell'energia a grandi distanze era tecnicamente risolto — agli ultimi grandiosi trasporti di energia in ogni parte del mondo, sieno le rapide di un piccolo fiume, o le cascate del grande Niagara, sa alcuno calcolare quanti motori a *Campo Ferraris* si siano costrutti, quanta energia si sia domata, trasportata, utilizzata?

*
* *

Ho detto che il fatto meraviglioso si produsse in un'ora di riposo e di svago del Maestro. Ma lo svago ed il riposo di Galileo Ferraris non erano che un modo, una forma qualunque di meditare solitario all'aperto: ed Ei meditava pur sempre, Egli era sempre alla rincorsa della realizzazione di visioni scientifiche, perchè intravvedeva il vero. Quindi la sua scoperta fu, più che tutto, il prodotto di lunghe ricerche e studi.

E che si tratti di meravigliosa concezione e non di opera del caso, è prova il fatto che, non appena divinato lo stupefacente fenomeno, il Maestro correva palpitante al laboratorio, ed ivi facevasi all'istante eseguire quei preziosi Cimelii, che formano per noi monumento di gloria imperitura: e con essi accertavasi immediatamente della ineccepibile verità della sua visione.

La battaglia fu vinta dal principio divinatore: quanto ai mezzi per isfruttare l'insperato successo, ottenere si possono con la massima facilità, e da chiunque. In questa aurea semplicità nella esecuzione di un nuovo, grande concetto, posto in azione, sta appunto il più grande pregio dell'opera di Galileo Ferraris. Egli ha trovato il *vero*, e lo getta, senz'altro, in balia di chi intende valersene. La sua conquista è un tesoro inestimabile; ma, con la generosità del genio, egli si affretta a farne dono a tutti.

*
* *

La scoperta di Galileo Ferraris fu dunque un vero lampo di genio, fu uno sprazzo di luce che illuminò il mondo dei pensatori e degli operatori, e, come per impulso soprannaturale, conquistò di slancio tutti gli ingegni, persuase tutte le fedi.

E qui, ove tutto parla di Lui e della sua grande scoperta, accanto alla gloriosa e serena figura del Sommo, la quale pare che vi saluti e vi sorrida, nella dolce contemplazione del prezioso Cimelio, che Ildebrando Bastiani, con gentile e felice pensiero, eternò nel bronzo

accanto all'immortale suo inventore; qui ove è la casa in cui egli nacque; ove alitano le anime dei suoi cari; qui ove il busto dell'eroico fratello Adamo — si rechi ognuno ad apporvi intorno un fiore — ricorda ai posteri il glorioso caduto di Digione, il martire della più santa idealità; qui, o signori, tutto coopera a sollevare le nostre menti, a far palpitare i nostri cuori, a ravvivare le anime nostre.

***

Ma di Galileo Ferraris non è detto tutto, allorchè si è ricordato l'inventore e lo scienziato. Egli non solo sentiva il fascino della scienza, ma era ancora sensibile oltre ogni dire, alla voce dell'arte. In lui vibrava l'anima di un poeta.

Ed era appunto questo ideale connubio delle più alte idealità umane il *vero* ed il *bello*, che dava all'opera del suo ingegno tanta eccellenza e serenità di espressione, ed alla sua persona tanto sentimento di nobiltà e di amore.

Pochi uomini furono, come lui, degni di dissetarsi al puro fonte della divina Natura, perchè Ei ne sentiva con entusiasmo l'intima immensa bellezza, e ne sapeva intensamente gustare la meravigliosa armonia e la sublime poesia di cui è penetrato l'universo.

E l'uomo fu pari ancora al poeta ed allo scienziato. Tanto fu elevata la sua mente e forte il suo ingegno, quanto dolce e nobile il suo cuore.

E per dire dei sentimenti delicati e gentili, e dei sacri affetti, a cui era aperto quel cuore generoso, mi sia concesso il ricordare le frasi, amorevolmente soavi e piene di dolcezza, che Egli qui rivolgeva ai suoi diletti compaesani riuniti e festanti per rendergli onore, e che voi tutti, o Livornesi, avete ancora scolpite nel cuore:

..... « Ed ora mi accogliete in mezzo a voi per la seconda volta. E questa volta mi accogliete qui dove io nacqui; ove dorme mia madre; ove dorme mio padre; ove riposa lo zio che a dividere le durissime fra le cure paterne consumò, oscuro eroe, la vita: ove riposano le zie, dentro le quali parve che la madre mia, salendo al cielo, avesse lasciato, per amore di noi bambini, la più bella parte dell'anima sua.

« E qui, ove l'aria che mi riempie i polmoni è quella stessa che mi aprì il petto al primo respiro, ove le cose che mi circondano sono quelle che suscitarono dentro di me le prime idee, ove ogni cosa che vedo, ogni suono che sento, porta seco un ricordo, ove provai le prime gioie ed i primi dolori, qui il vostro saluto ed il vostro applauso mi parlano al cuore con una voce più intima e più profonda.

« Alitano qui sopra di noi, e mi guardano i miei cari, mi circonda la mia famiglia; il vostro saluto ed il vostro applauso echeggiano nella mia casa; e a loro risponde nel mio cuore un sussulto, che mi ricorda quello che mi riempiva l'anima di un'onda di voluttà, se accadeva che io vedessi sul volto di mio padre brillare per causa mia un raggio di contentezza.

..... « Quella laboriosa, pura, austera, spartana famiglia, che mi ha dato il nome, era legata coi vincoli della stima, dell'affetto e delle idee ad una assai più estesa famiglia, la quale copriva tutto questo nostro paese e ne abbracciava le intelligenze ed i cuori. Il mio pensiero risale con reverenza a quella grande famiglia, e vi attinge sacri ricordi e radiose speranze.....

..... « Il sole benefico fecondi i tuoi campi; crescano, o Livorno, i tuoi figli liberi e baldi; sorrida su di essi, stella costante, amore ».

Così, o signori, Galileo Ferraris sapeva amare l'alma sua terra natìa, il Paese dei suoi cari. E al disopra di questo, faro costante, stella polare brillante perennemente nel sereno imperturbato della sua bell'anima immacolata, stava la Patria.

La sua nomina a Senatore del Regno — Ei compiacevasi far notare — fu per Lui un premio ben grande non tanto per l'onore che esso gli conferiva, non tanto pei privilegi che esso gli attribuiva, non tanto per l'immenso compiacimento che gli arrecava siccome attestazione di una riconoscenza nazionale; quanto specialmente perchè gli offriva nuovi mezzi per partecipare più direttamente alla vita della Nazione, e lo trasportava più vicino al cuore della Patria, ove ne avrebbe sentito più forti i palpiti nell'avversa e nella buona fortuna.

Signori, se vogliamo serbare un culto alla memoria di Galileo Ferraris, amiamo, veneriamo questa bella Italia nostra, a cui tutto il mondo deve inchinarsi nel riconoscere che dessa è per eccellenza la terra sacra del genio.

Arte, poesia, scienza, letteratura, qui fioriscono spontaneamente, e brillano di luce propria, come lo smeraldo dei suoi campi, come l'azzurro del suo cielo.

Ogni suo sterpo, ogni sua zolla, ci rammenta una fulgida gloria, ogni sua casa è un tempio, un santuario del bello. Vi ha forse ancora una parte dello scibile umano che non sia scaturita dalle sacre fonti del bel paese, a benefizio comune?

Amiamola adunque questa nostra bella Italia diletta ed agli inni

di gloria acquisita che a Lei tributano tutte le nazioni straniere, lasciamo pure che si unisca la voce dei nostri monumenti, i quali vengono sempre in buon punto a rammentarci i migliori dei migliori, provocando diuturne titaniche lotte per il conseguimento di una fama che non muore.

E così — nobilissimo esempio al popolo nostro e agli stranieri — sorga pure tra noi questo monumento a Galileo Ferraris, che, cementando vieppiù la forza di produzione del genio italiano, rappresenta l'ammirazione di tutti per Colui che tanto beneficò il mondo con le sue opere.

Stella che non tramonta, il nostro Galileo va oggi a raggiungere quella pleiade d'astri sublimi che lo precedettero nel radioso cammino della fama; ed il suo nome venerato si ripeterà con quelli degli altri grandi Italiani, che col loro genio non solo illustrarono la scienza, ma le arrecarono luce e vita novissima coi loro prodigiosi ritrovati.

Una grande festa dello studio e del lavoro segna per noi questa giornata, o signori: salutiamola quindi con giusto senso di orgoglio, perchè la sua memoria durerà eterna nella grande famiglia italiana!

*
* *

In questa patriottica e gentile terra vercellese, io vedo in questo istante convenire, dalla laboriosa Lombardia e dal forte Piemonte, gli spiriti magni di Alessandro Volta e di Mossotti, di Lagrange e di Avogadro.

Quivi oggi convengono, o Galileo Ferraris, dalle loro Patrie, i grandi Maestri della tua scienza, per rendere onore alla tua memoria, e deporre — accanto alla venerata tua effigie — una corona di fiori germogliati in cielo!.....

Lo spirito del Sommo, che oggi, o Livorno, tu onori — irradiato dall'aureola della scienza, circonfuso nella più fulgida gloria — trascorre gli spazi eterei dell'infinito, a Te scende, e, infondendo a questo bronzo anima e vita, ti saluta e ti benedice, in un mistico inno di amore, accoglie l'augurio per il tuo avvenire.

N. 11.

GLI ACCUMULATORI TUDOR
DELLA SOCIETÀ GENERALE ITALIANA EDISON
DI ELETTRICITÀ DI MILANO

LETTURA

del Socio Ing. GIUSEPPE PIVA

fatta alla Sezione di Genova nella Seduta del 13 febbraio 1902

(Con 6 figure).

Dopo compiuto il trasporto di energia da Paderno a Milano, la storica Centrale di Santa Radegonda della Società Edison dovette essere completamente trasformata.

Le vecchie macchine a vapore, diventate affatto insufficienti, furono abolite; l'officina, divenuta una stazione di trasformazione dell'energia di Paderno, fu destinata all'alimentazione della rete d'illuminazione a corrente continua del centro di Milano e della rete tramviaria di tutta la città.

Si installò una doppia serie di convertitori rotanti, costituiti ciascuno da un motore trifase e da una dinamo producente corrente continua a 125-135 volt per l'illuminazione, a 550 volt pei trams.

Con ciò però non si poteva considerare di aver provveduto sufficientemente ed economicamente alla richiesta di corrente continua, sia perchè, in caso d'interruzione nell'arrivo della corrente trifasica, l'importantissimo servizio di tram e di luce nel centro di Milano non avrebbe potuto essere continuato; sia perchè si avrebbe dovuto riservare alla sola officina di Santa Radegonda la maggior parte di energia proveniente da Paderno, avendone essa bisogno durante alcuni mesi d'inverno per circa un'ora di sera.

Si rendeva dunque necessario provvedere ad una riserva immediata per i casi d'interruzione, ed a procurarsi all'infuori di Paderno la corrente continua richiesta nelle sere invernali, rendendo possibile una miglior utilizzazione dell'energia di Paderno.

Non restava che installare o accumulatori o macchine a vapore accoppiate a dinamo a corrente continua. Quest'ultima soluzione venne subito abbandonata, perchè non economica, recando con sè, per costituire una riserva efficace, l'impegno di tenere perennemente in pressione le caldaie, con grave dispendio di carbone e manovalanza.

Si decise dunque d'installare due grandi batterie di accumulatori, una destinata alla rete tramviaria, l'altra a quella d'illuminazione, e la fornitura venne aggiudicata alla Fabbrica Nazionale di Accumulatori brevetto Tudor, che la compì nell'anno 1900.

La prima delle due batterie fornisce l'energia di circa 3000 cavalli per un'ora, quanto cioè è necessario per alimentare durante un'ora tutta la rete tramviaria di Milano, un movimento di circa 300 vetture automotrici.

L'altra fornisce circa 4000 cavalli per un'ora, ad uso illuminazione elettrica, per coprire la punta del massimo consumo e costituire anche una sufficiente riserva in caso d'interruzione della corrente trifasica.

La tensione media di servizio della rete tramviaria essendo di circa 550 volt in officina, si stabilì d'installare per essa una batteria composta di 260 elementi Tudor, del tipo 192 R, per una capacità di circa 3500 ampères-ore alla corrente di scarica di 3500 ampères, potendo fornire sbalzi fino a 6000 ampères.

Ogni elemento, che pesa circa tonn. 2,2, basa su nove isolatori di porcellana e misura le seguenti dimensioni:

Lunghezza . . .	95	centimetri
Larghezza . . .	90	»
Altezza	102	»

L'elemento si compone di 25 elettrodi completi, di cui 12 positivi Planté e 13 negativi; ogni elettrodo completo, a causa della sua grandezza, è costituito da due mezze lastre, ciascuna di cm. 35 × 78, messe in serie tra loro, cioè riunite superiormente mediante saldatura e sospese su robusti sostegni di cristallo dello spessore di 15 mm., disposti verticalmente.

Ciascun elemento si collega al successivo per mezzo di un regolo conduttore di piombo della sezione longitudinale di 15.000 mmq.; e l'intiera batteria, che occupa un piano del locale già occupato dal macchinario abolito, ossia una superficie di 600 mq., si divide in sei file parallele, separate da comodi passaggi (vedasi la fig. 1).

Le condotture di rame, che collegano tra di loro le singole file di elementi, hanno una sezione complessiva di 2250 mmq., componendosi (per aumentare la superficie irradiante) di tre barre parallele di

6×125 mm. di sezione caduna. Dette barre correnti sotto l'impalcatura sono sostenute da isolatori speciali a campana e si uniscono agli elementi mediante raccordi speciali di rame e piombo fortemente saldati tra loro, ottenendone così la massima conducibilità nei contatti.

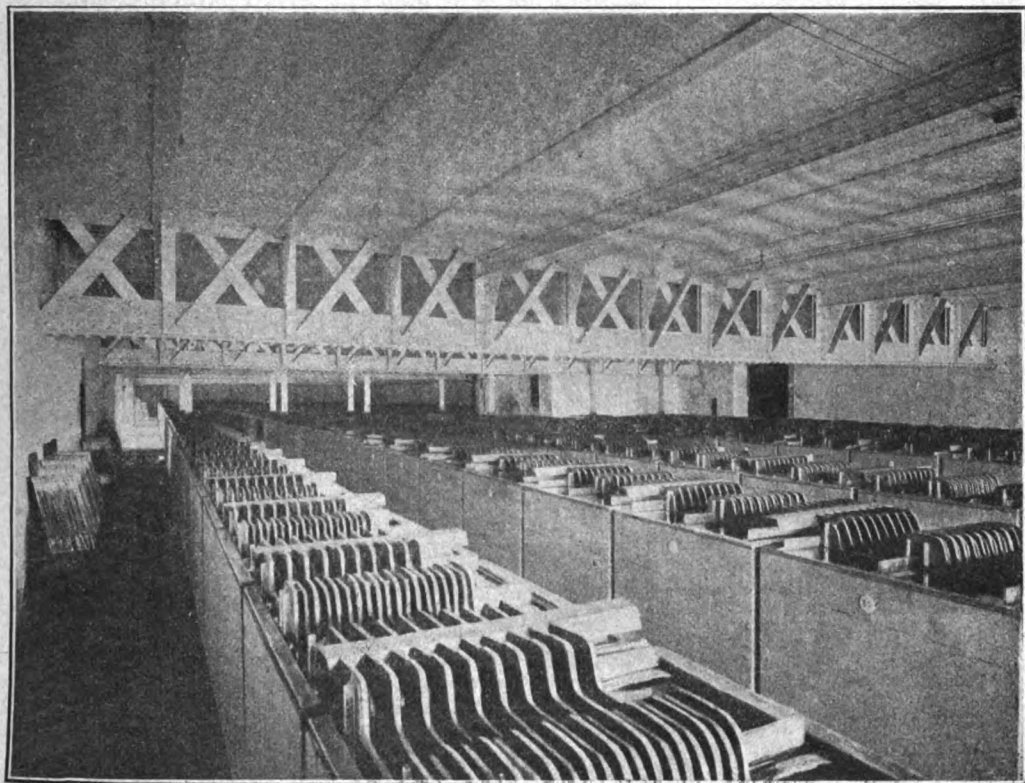



Fig. 1.

Ciascuna fila di elementi riposa su di un'incastellatura costituita da tre travi di legno *pitch-pine*, disposte orizzontalmente e sostenute ed isolate dal suolo con grossi piatti di vetro poggianti su ceppi di legno paraffinato.

Tra le file. ossia nei corridoi di passaggio, sono praticati dei marciapiedi di legno, facilmente amovibili per la necessaria pulizia, ed a doppio isolamento, in causa dell'elevata tensione della batteria, che ha uno dei suoi poli a terra.

Questa può collegarsi alla rete tramviaria nei due modi seguenti:

o attraverso ad una survoltrice-devoltrice comandata da un regolatore automatico Thury (allo scopo di mantenere costante la tensione della linea, qualunque sia lo stato di carica o scarica degli elementi), oppure direttamente e cioè in semplice derivazione. In questo caso però devesi modificare opportunamente le dinamo principali, che sono compound, indebolendo il campo in serie in modo da avere caratteristiche discendenti, e permettere quindi alla batteria di esercitare il suo servizio a repulsione; la survoltrice allora resterebbe adibita soltanto alla carica a fondo della batteria.

L'illuminazione è alimentata da una rete a tre fili con 2×125 volt in officina e 110 volt alle lampade.

Queste, nella massima parte raggruppate in una zona concentrica all'officina di Santa Radegonda, vi si raccordano mediante un circuito a due fili a 125 volt. Le altre più distanti fanno capo ad una rete a tre fili, pure alimentata da Santa Radegonda.

La batteria, totalizzata a 125 volt, doveva corrispondere a circa 20.000 ampères per un'ora, di cui 15.000 su di un ponte e 5000 sull'altro ponte dei tre fili.

Data tale sproporzione tra i due ponti, ed anche per l'impossibilità di costrurre degli elementi di così grande capacità e per uniformare i singoli reparti, si decise di suddividere la batteria in quattro unità eguali, di cui tre riunite in derivazione su di un ponte e la quarta sull'altro, lasciando ampia indipendenza fra le stesse unità, in modo da poter variare la terna delle aggregate nella maniera più conveniente, a seconda del loro stato di carica.

Ciascuna di queste quattro batterie si compone di 78 elementi Tudor del tipo 256 R, per una capacità di 4600 ampères-ore alla corrente di scarica di 4600 ampères.

Ogni elemento, che pesa circa tonn. 2,6, poggia su 12 isolatori e misura:

Centimetri 95 di lunghezza
» 100 di larghezza
» 102 di altezza, ossia un metro cubo.

Ciascun elemento si compone di 33 elettrodi completi, di cui 16 positivi Planté e 17 negativi della stessa forma, dimensioni e montatura di quelli innanzi descritti della batteria tramviaria (vedasi la fig. 2).

Ogni elemento si raccorda con quello attiguo mediante un conduttore di piombo di circa 20.000 mmq. di sezione longitudinale, e le condutture d'unione tra le serie, della sezione di 3000 mmq. di rame, sono disposte e si raccordano agli elementi di estremità alla stessa

guisa di quelle per la batteria tramviaria, consistendo però di quattro barre parallele di sezione rettangolare, misuranti mm. 6 × 125.

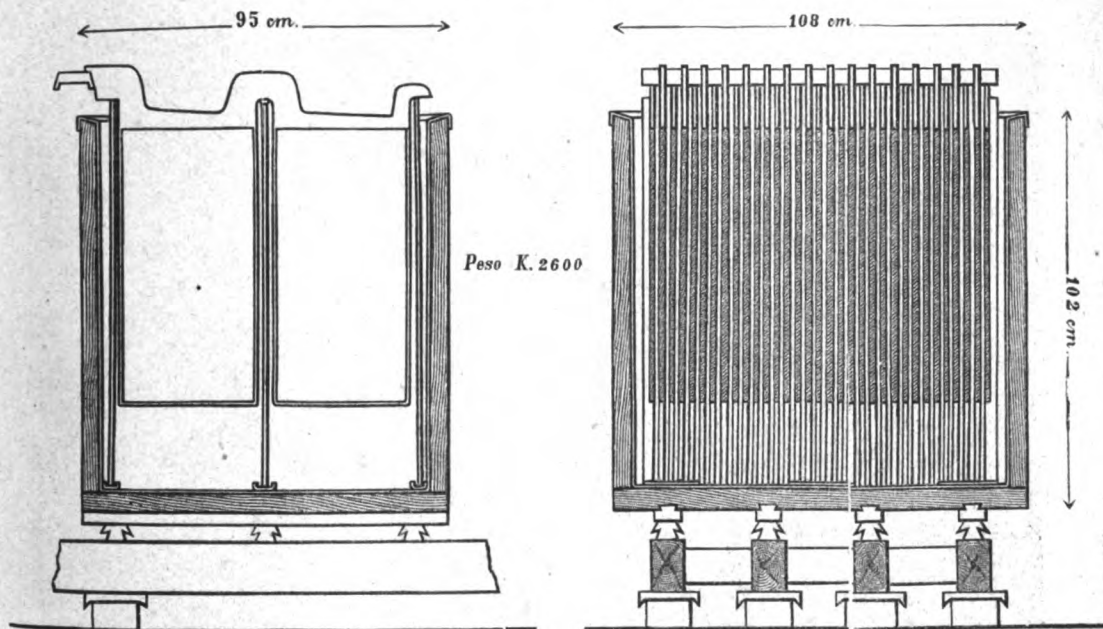



Fig. 2.

Questa batteria occupa i due piani sottostanti a quello della batteria tramviaria, una superficie cioè di 2 × 600 = 1200 mq. (vedansi le fig. 3 e 4), mentre le survoltrici con i rispettivi motori elettrici, quadri, regolatori automatici, occupano circa metà del piano terreno.

Ogni reparto della batteria luce è disposto in due file, di cui una in un piano, l'altra in quello sottostante ed in posizione corrispondente, di modo che le barre di congiunzione della fila superiore discendono verticalmente alla fila sottostante, che, smezzata in un dato punto, forma i poli della rispettiva unità, poli che sovrastano direttamente alle sbarre del proprio quadro situato al pianterreno.

In ognuno dei piani sopradetti sono quindi quattro file di elementi con i relativi passaggi tra fila e fila. L'incastellatura sostenente la fila è formata da quattro travi correnti, isolate dal suolo da piatti di vetro, mentre appositi marciapiedi amovibili sono collocati nei passaggi, come per la batteria tramviaria, ma con isolamento semplice.

Ogni unità della batteria luce si collega ad una survoltrice-devoltrice comandata dal rispettivo regolatore Thury, in modo da mantenere

la tensione necessaria al quadro, qualunque sia lo stato di carica degli elementi.

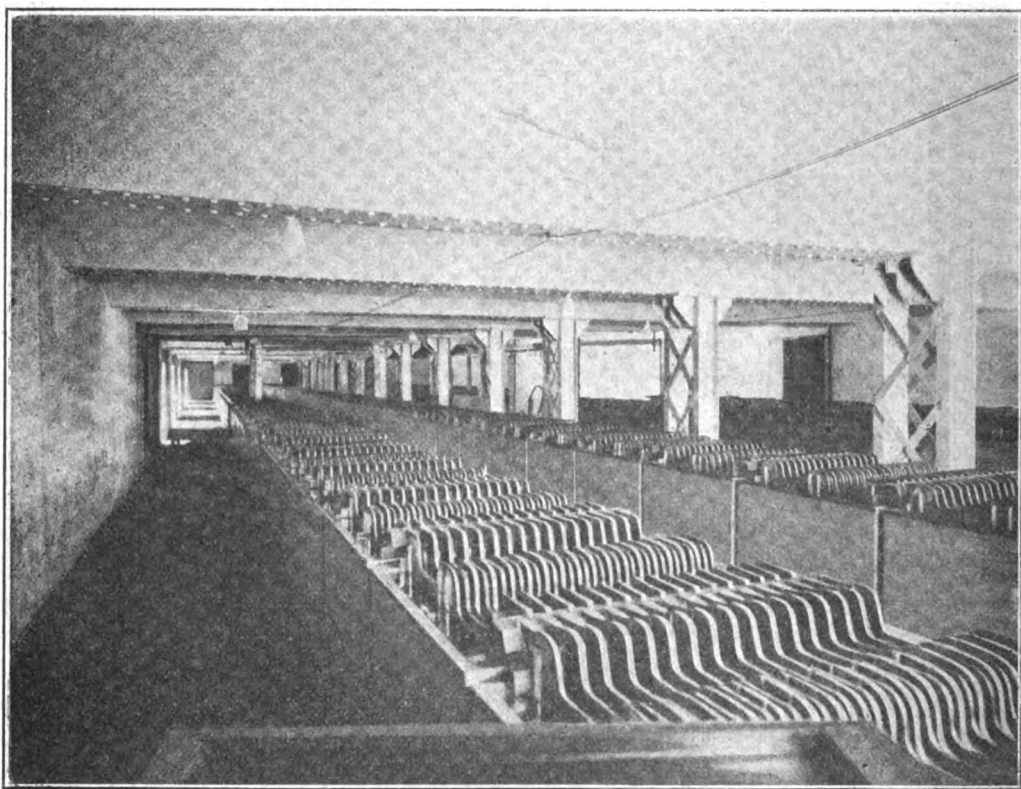



Fig. 3.

Il regolatore Thury agisce a Milano per l'introduzione di resistenze nelle spirali induttrici del campo magnetico della survoltrice (vedasi la fig. 5).

La figura ci mostra che le estremità dell'avvolgimento induttore fanno capo a due reostati suddivisi in parecchi reparti, i cui punti di unione si collegano con i bottoni d'un commutatore bipolare, il quale poi viene comandato automaticamente.

Se il commutatore si trova nella posizione centrale, il campo è interrotto e la survoltrice non sviluppa tensione alcuna.

Passando dalla posizione centrale ad una di quelle immediatamente consecutive, la corrente attraversa tutto il primo reostato, poi l'avvolgimento induttore, poscia l'altro reostato. Man mano che il com-

mutatore avanza nello stesso senso, si escludono via via delle resistenze da ciascun reostato e la corrente induttrice si fa sempre più intensa,

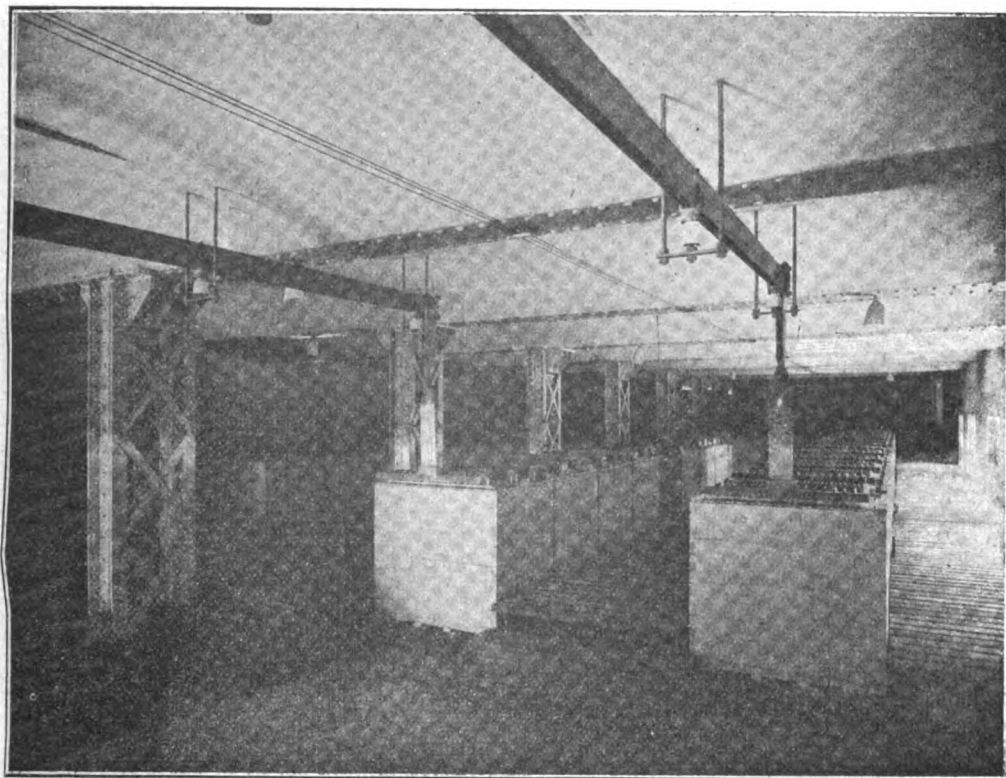



Fig. 4.

finchè, raggiunto l'estremo della corsa del commutatore, si ottiene nella survoltrice un massimo di tensione nel senso prestabilito.

Se invece il commutatore dalla posizione centrale avanza verso la estremità opposta, si forma il circuito anzidetto nel medesimo modo, ma con corrente invertita, per cui alla fine della corsa si ottiene un massimo di tensione nella survoltrice, come precedentemente descritto ma di segno contrario.

Come ho detto, nell'officina della Edison le survoltrici possono invertire la loro polarità per l'azione d'un commutatore, che inverte il senso dell'eccitazione.

Ora qui cade in acconcio accennare anche ad una modificazione del detto sistema di regolarizzazione, che è pure del Thury e che viene

applicato forse con maggior profitto in impianti però più modesti (vedasi la fig. 6).

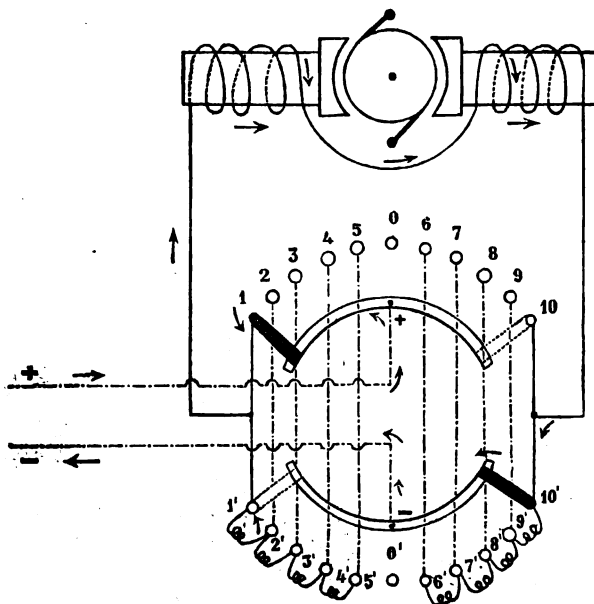



Fig. 5.

Qui il campo è frazionato ed un commutatore bipolare ne mette le spirali induttrici in derivazione sulla rete, potendo prendere tutte le

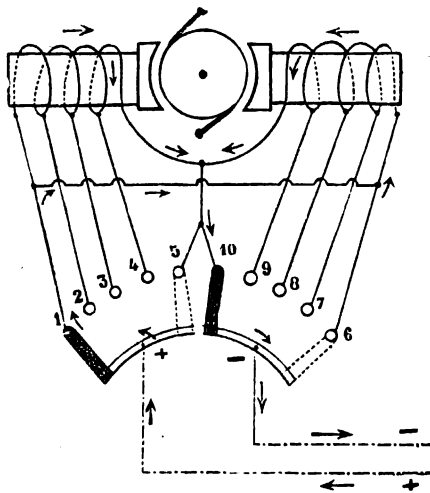



Fig. 6.

posizioni indicate. Nelle posizioni 1 e 10 tutto l'avvolgimento induttore agisce in un senso, mentre nelle 5 e 6 agisce nel senso opposto; tale

inversione avviene a poco a poco pel passaggio del commutatore nelle posizioni intermedie e dove parte del campo si mette in opposizione colla parte restante, diminuendone mano mano l'efficenza sino ad annullarla, per riprendere poi azione preponderante nel senso contrario.

Tanto nel primo caso, quanto nel secondo, il commutatore suddescritto funziona comandato da un regolatore Thury, che brevemente vi descrivo.

Il commutatore bipolare fa sistema con una ruota dentata e può ruotare con essa intorno ad un punto centrale, mettendo in comunicazione con due archi interni, a cui fanno capo i poli della linea, due qualunque contatti corrispondenti della circonferenza esterna, mentre questi si raccordano o colle resistenze a cui accennavo nella fig. 5, o colle spirali del campo come nella fig. 6.

La ruota dentata si muove in un senso o nell'altro per l'azione di uno dei due nottolini ad essa sovrapposti, i quali ingranano o l'uno o l'altro, a seconda che vengono disimpegnati dai nottolini superiori per lo spostamento di un'asticella legata ad un solenoide, che è in derivazione colla rete ed è equilibrato da una molla, mentre il sistema dei nottolini oscilla continuamente intorno al punto centrale mediante comando d'un motorino. Ne consegue che se l'asticella ora detta conserva la sua posizione normale, i nottolini non ingranano e la ruota dentata resta ferma; ma se, ad esempio, l'asticella si alza, va ad urtare col suo dente nell'arresto del nottolino superiore di sinistra, per cui si disincaglia il nottolino sottoposto, che può così ingranare nella ruota, facendola girare insieme col commutatore verso sinistra per l'effetto dell'oscillazione di tutto il sistema dei nottolini intorno al punto centrale.

Se invece l'asticella si abbassa, si disincaglia il nottolino di destra e la ruota gira nel senso inverso. Cessata la causa che determinava lo spostamento dell'asticella, tutto il sistema ripiglia il suo equilibrio per l'azione della molla e degli arresti dei nottolini superiori.

Così il Thury con modo geniale ha veramente provveduto, perchè ad un abbassamento di tensione nella batteria corrisponda un elevamento di tensione nella survoltrice in un dato senso, e viceversa, in modo da mantenere automaticamente costante in qualunque momento la tensione alle estremità del gruppo batteria-survoltrice.

Il regolatore poi della survoltrice d'un qualunque reparto della batteria luce può scambiarsi con uno qualunque dei regolatori delle survoltrici degli altri reparti, come pure si possono scambiare fra di loro le stesse survoltrici, di modo che per nessuna causa di guasto ad uno dei detti organi si può arrestare il funzionamento di un'unità qualsiasi.

Le batterie di Milano, oltre a fare il servizio di repulsione nell'esercizio tramviario, a coprire la punta del consumo massimo ed a costituire una formidabile riserva istantanea, come sopra ho detto, valgono anche a prevenire le perdite di sincronismo nei motori, dovute a subitanei eventuali abbassamenti di tensione sulla linea di Paderno.

Aggiungo, ad onore dell'industria italiana, che questi accumulatori, unici in Europa per la loro enorme grandezza, furono intieramente fabbricati in Italia con materiali ed operai italiani e sotto la direzione di ingegneri esclusivamente italiani.

Per farsi un'idea della grandiosità di questo impianto, basta pensare che si compone di 260 elementi, per la batteria tramviaria, pesanti $260 \times 2{,}2 = 572$ tonn., e di 4×78 elementi $= 312$ per la batteria luce, pesanti $312 \times 2{,}6 = 812$ tonn. di materiale, arrivando coll'imballaggio ad oltrepassare così 1500 tonn., pel trasporto delle quali occorsero dieci treni merci.

Concludendo, rileviamo il fatto molto caratteristico, che cioè l'impianto elettrico di Milano, sorto nel 1883 colla vecchia officina di Santa Radegonda, rafforzato più tardi con quella della via G. B. Vico, aumentato in seguito colla grande officina di Porta Volta ed integrato infine coll'imponente trasporto di forza da Paderno, quest'impianto di Milano, che in tutto il sistema evolutivo a cui s'informò lasciò sempre da parte gli accumulatori, finì per farne l'applicazione! E la fece su così vasta scala, ispirandosi per giunta a quel principio, che noi partigiani convinti degli accumulatori da più d'un decennio andiamo predicando, che cioè l'energia debba bensì trasmettersi a corrente alternata, ma distribuirsi a corrente continua, coprendo il massimo consumo cogli accumulatori per goderne di tutti gli altri vantaggi ad essi inerenti.

Ne risulta che tale principio si è imposto a Milano come s'impose dovunque l'elettrotecnica ha più larghe applicazioni, negli Stati Uniti ed in Germania, le cui maggiori Centrali sono tutte munite di enormi batterie.

In Italia, quantunque ancora in numero esiguo, non mancano tali impianti modello, che hanno per base precipua l'interesse tanto dell'esercente quanto del consumatore, e giova qui menzionare quelli di Palermo, Firenze e dell'Alta Italia a Torino, mentre impianti basati su principii opposti, quali Livorno, Ancona e Venezia, sôrti prima degli accumulatori industriali ed altri molti di recente esecuzione, mancano di lucro, pur locando il kilowatt a prezzi elevatissimi.

Ne segue adunque che l'accumulatore è fonte d'economia e di benessere per gli utenti, e di ricchezza per gli esercenti.

N. 12.

SUL MODO DI FUNZIONARE DEGLI APPARECCHI PER LA TELEGRAFIA SENZA FILI

COMUNICAZIONE

del Prof. M. Ascoli

fatta alla Sezione di Roma nella Seduta del 4 aprile 1902

(Con 2 figure).

1. — Il principio della telegrafia senza fili si suole enunciare in modo assai semplice: un apparecchio trasmittente genera delle onde hertziane, un apparecchio ricevente le registra.

Ma i particolari degli apparecchi, la loro disposizione, la trasmissione stessa dal generatore al ricevitore, non si seppero sempre ridurre senz'altro a casi particolari di onde hertziane o d'altri fenomeni già conosciuti e quindi ne nacquero diverse interpretazioni, delle quali alcune mi propongo di discutere brevemente, esponendo insieme il mio modo di vedere sul complesso degli apparecchi stessi.

Di queste interpretazioni alcune riguardano il generatore, altre il ricevitore, altre il modo di trasmissione. Io non mi occuperò qui di quanto riguarda la spiegazione dei fenomeni che intervengono nel *coherer* nel momento che è impressionato dalla perturbazione che giunge ad esso, sebbene anche sopra di essa esistano vari pareri; a noi basta conoscere il fatto indubitato che il coherer acquista da quelle perturbazioni una maggiore conduttività. Ma anche questo fatto può influire sulla interpretazione generale del sistema perchè, durante il suo funzionamento l'apparecchio ricevente si trova in condizioni variabili di resistenza, passando questa da valori quasi infiniti a valori spesso assai piccoli, senza che si possa assegnare il modo ed il tempo necessario per il passaggio. Il coherer in principio può funzionare come un condensatore di certa capacità, in fine come un semplice conduttore. Io supporrò che esso dal momento che comincia a sentire l'azione delle perturbazioni sia un semplice conduttore. Questa ipotesi non

ha grande influenza sopra l'interpretazione dei fatti; ma ciò che la rende del tutto lecita è la disposizione ormai adottata dal Marconi e da altri, nella quale il coherer si trova in un circuito secondario; per modo che il ricevitore, che costituisce il primario, è realmente un semplice conduttore. Sono appunto questi gli apparecchi che funzionano più regolarmente, e la maggior regolarità è forse da attribuirsi in parte appunto al fatto che la variabilità qualche volta capricciosa delle condizioni del coherer, non ha più che un'influenza secondaria.

2. — *Struttura dell'oscillatore.* — Comincerò coll'accennare al modo che a me pare più ovvio per intendere il complesso dei fenomeni che intervengono nel sistema.

L'oscillatore, nella sua forma più semplice, è costituito da due conduttori tra cui ha luogo la scarica: ad uno di essi è collegato un filo verticale e rettilineo; l'altro, è posto in comunicazione colla terra. L'oscillatore dunque consta essenzialmente del filo verticale e della terra, *la quale ne forma parte integrante.* Questa considerazione, già fatta da altri incidentalmente ma non abbastanza sviluppata, è sufficiente a rendere ragione dei fenomeni.

L'oscillatore è così un sistema di rotazione intorno all'asse del filo, e, quando le due parti sono conduttivamente collegate dalla scintilla, forma un conduttore unico, un sistema cioè che alla scarica ha un periodo di oscillazione perfettamente determinato.

Sul principio molti considerarono l'oscillatore come composto dalle due sfere su cui avviene la scarica; io però già sostenni, appena conosciuta la disposizione del Marconi (*), che il filo verticale è parte integrante dell'oscillatore, e ne determina la durata di oscillazione, la quale risulta tale che la semi-lunghezza d'onda è assai maggiore della lunghezza dell'antenna. Ormai questa verità è accettata da tutti.

Il valore del periodo è di importanza essenziale nel funzionamento del sistema. Il suo calcolo rigoroso non è però facile.

3. — *Periodo dell'oscillazione.* — *Oscillatore di Hertz.* — Per poter eseguire il calcolo in modo semplice, Enrico Hertz aveva dato ad uno dei suoi oscillatori la forma di due sfere isolate di grande diametro, abbastanza lontane per poterne trascurare la reciproca influenza e congiunte da un filo di rame interrotto a metà nel luogo della scintilla. Con simile disposizione si raggiunge lo scopo di poter trascurare la capacità elettrostatica del filo rispetto a quella delle

(*) V. Ascoli, *Elettricista,* 1897.

sfere, e l'autoinduzione delle sfere rispetto a quella del filo (*), così che tutta la carica elettrica raccolta nelle sfere trova, nello scaricarsi, la medesima via di determinata autoinduzione. Chiamata L quest'autoinduzione e C la capacità del sistema, il periodo, come lo si deduce dalla teoria di Lord Kelvin sulla scarica oscillante, quando la resistenza del circuito è assai piccola, è:

$$T = 2\pi \sqrt{LC}. \tag{1}$$

Pel computo della capacità C del sistema nel caso più generale che i due conduttori non siano uguali, notiamo che la carica, prima che avvenga la scarica, sarà $+M$ per l'uno, $-M$ per l'altro e quindi i potenziali $+\frac{M}{C_1}$ e $-\frac{M}{C_2}$, C_1 e C_2 essendo le due capacità. La differenza V di potenziale è:

$$V = M\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right),$$

e quindi il rapporto $\frac{M}{V}$ cioè la capacità C del sistema sarà dato da:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}. \tag{2}$$

Quando i due conduttori sono uguali rimane $C = \frac{C_1}{2}$ come nelle esperienze di Hertz, quando invece uno di essi è la terra ($C_2 = \infty$), rimane:

$$C = C_1,$$

ossia la capacità del sistema è quella del conduttore isolato, e quindi è doppia che nel caso di due conduttori uguali.

Se a tutto il conduttore dell'oscillatore hertziano costituito dalla sfera e dalla metà del filo, si sostituisce la terra, mentre la capacità raddoppia, il coefficiente di autoinduzione diventa sensibilmente la metà (**),

(*) In questi fenomeni non si può trascurare l'autoinduzione di un filo rettilineo; essa è uno degli elementi fondamentali del calcolo.

(**) Il coefficiente di autoinduzione di un filo rettilineo è $L = 2l\left(\log \frac{4l}{d} - 0{,}75\right)$. Sul secondo termine del binomio vi è qualche dubbio, ma di poca importanza quantitativa. Il rapporto $\frac{l}{d}$ tra la lunghezza e il diametro è sempre grande se il filo è sottile. Nei casi pratici potrà variare da 10000 a 100000 e quindi il log $\frac{4l}{d}$, se l si riduce alla metà, varia da 10,7 a 10,0 o da 13,0 a 12,3; cioè la quantità tra parentesi varia assai poco.

e quindi la durata dell'oscillazione (1) non varia. In altri termini la durata dell'oscillazione di un oscillatore costituito dalla terra e da un conduttore isolato, è uguale a quella di un oscillatore costituito da due conduttori ciascuno uguale a quello isolato.

4. — *Oscillatore rettilineo.* — Questa conseguenza è valida per qualsiasi forma. Ma il calcolo del periodo non sempre è altrettanto semplice. Supponiamo che l'oscillatore sia formato di due fili rettilinei isolati uguali e l'uno posto sul prolungamento dell'altro. La capacità elettrostatica del sistema che determina la *carica* dei conduttori è ancora, come nel caso precedente, la metà di quella di un solo filo. Ma durante la *scarica* le cariche provenienti da ciascun elemento trovano una via di scarica differente per la resistenza e per l'autoinduzione; il fenomeno è dunque assai più complicato del precedente ed è chiaro che se adottassimo la formola (1) pel calcolo del periodo, come se tutta la carica percorresse l'intero filo, otterremmo un valore maggiore del vero.

Il calcolo rigoroso non si può dunque eseguire partendo dalla citata teoria elementare di Lord Kelvin; nè lo si può eseguire partendo da alcun'altra teoria che non tenga conto di tutti gli elementi determinanti il fenomeno.

È ben noto, dopo le esperienze di Hertz, che l'oscillazione si propaga lungo i conduttori colla velocità della luce; questa è così grande che, se le oscillazioni non sono estremamente rapide, la si può considerare infinita, ammettere cioè la propagazione istantanea. Ma ciò non è possibile per le oscillazioni di durata breve come quelle hertziane; in questo caso il prodotto della durata stessa per la velocità, ossia la lunghezza d'onda, risulta paragonabile colla lunghezza dei conduttori, come è mostrato dalla formazione di *nodi* e *ventri* lungo un filo. Un primo elemento da introdursi in calcolo è dunque la *velocità di propagazione della luce.*

Un altro elemento dipende dall'energia irraggiata nel dielettrico circostante, energia che si propaga sotto forma di onde, anch'essa colla velocità della luce e che, essendo emessa dall'oscillatore, determina lo *smorzamento* delle sue oscillazioni. A questo smorzamento contribuisce anche la dissipazione di energia sotto forma di calore Joule; ma, nei casi che ci interessano, questa non è che una piccola frazione della prima.

Ora, le equazioni della propagazione lungo un filo, dedotte dalla elettrodinamica ordinaria o antica, non tengono conto nè dell'uno nè dell'altro di questi fenomeni e quindi non possono servire allo studio

delle oscillazioni proprie di un sistema. Le sole equazioni che ne tengano conto sono quelle di Maxwell e di Hertz; da queste sole si potranno dunque dedurre la durata e gli altri elementi delle oscillazioni. Ed è questa appunto la via seguìta da Hertz stesso, dal Poincaré, ecc., e pel caso che qui specialmente ci interessa, dall'Abraham (*).

Mi sono fermato sulle considerazioni che precedono perchè, in uno degli ultimi numeri dell' *Elektrotechnische Zeitschrift* (**), il professore Slaby, noto per importanti esperimenti sulla telegrafia senza fili, ha tentato di seguire una via più semplice partendo dalle leggi dell'elettrodinamica, dove non si tien conto nè della velocità di propagazione, nè dell'energia irraggiata. Ma è facile dimostrare (***) che

---

(*) *Wiedemann Annalen*, n. 66, p. 435.

(**) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 27 febbraio 1902.

(***) Lo Slaby parte dall'equazione della corrente:

$$\frac{1}{C_1}\frac{d^2 i}{d x^2} = W_1 \frac{d i}{d t} + L_1 \frac{d^2 i}{d t^2} \tag{1}$$

che è, come è noto, l'equazione della propagazione della corrente in un conduttore nel quale C_1 W_1 L_1 sono le capacità, resistenza, autoinduzione per unità di lunghezza. È l'equazione che si applica allo studio della corrente lentamente oscillante e colla quale si dimostra (V. negli *Atti* la Conferenza del dott. Di Pirro, vol. VI, pag. 6) che si formano lungo il filo delle onde la cui velocità di propagazione dipende essenzialmente dalle costanti del circuito; non siamo dunque nel caso delle onde hertziane.

Lo Slaby ammette la soluzione:

$$i = e^{st} (A \text{ sen } m\,x + B \text{ sen } m\,x),$$

che si può porre sotto la forma:

$$i = K e^{st} \text{ sen } (m\,x + \varphi). \tag{2}$$

Questa è l'espressione di un'onda stazionaria, perchè se sen $(m\,x + \varphi)$ è nullo in un istante, lo è sempre, giacchè non contiene il tempo; il punto pel quale

$$m\,x_1 + \varphi = o$$

è dunque un nodo; un secondo nodo sarà il punto pel quale

$$m\,x_2 + \varphi = \pi;$$

se ne deduce la distanza $x_2 - x_1$ tra i due nodi, cioè la mezza lunghezza d'onda $\frac{\lambda}{2}$;

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{\pi}{m},$$

ma $\lambda = v\,T$, dove T è la durata dell'oscillazione e v la velocità della luce, onde:

$$m = \frac{2\,\pi}{v\,T}. \tag{3}$$

le equazioni adoperate non possono servire a determinare la durata dell'oscillazione *propria* del sistema, e che, se lo Slaby giunge al medesimo risultato dell'Abraham, ciò dipende dal fatto che, inavvertitamente, egli *assume* fin dal principio quello che vuole infine dimostrare. Se si vuol ricorrere ad un metodo semplice, non c'è che seguire quello di Lord Kelvin, ma non se ne ottiene una sufficiente approssimazione che in condizioni speciali come quelle dell'oscillatore di Hertz, del Blondlot e simili. Se no, occorre domandare il sussidio delle equazioni maxwelliane. Queste, disgraziatamente, mal si prestano alla trattazione completa di casi particolari, tanto che anche il caso semplicissimo di un filo rettilineo richiede una trattazione matematica assai laboriosa.

Non posso dunque che riassumere brevemente i risultati del signor Abraham, nella parte che qui interessa. Essi sono i seguenti:

La (2) sostituita nella (1), conduce all'equazione:

$$L_1 \rho^2 + W_1 \rho + \frac{m^2}{C_1} = o,$$

d'onde:

$$\rho = -\frac{W_1}{2 L_1} \pm \sqrt{-1} \sqrt{\frac{m^2}{C_1 L_1} - \frac{W^2_1}{4 L^2_1}}.$$

Si introducono così le funzioni circolari:

$$\operatorname{sen} t \sqrt{\frac{m^2}{C_1 L_1} - \frac{W^2_1}{4 L^2_1}}; \qquad \cos t \sqrt{\frac{m^2}{C_1 L_1} - \frac{W^2_1}{4 L^2_1}},$$

che, se il 2° termine è trascurabile di fronte al primo, come accade nei casi pratici, diventano:

$$\operatorname{sen} \frac{m}{\sqrt{C_1 L_1}} t; \qquad \cos \frac{m}{\sqrt{L_1 C_1}} t.$$

Il periodo dell'oscillazione (T) sarà dato da:

$$\frac{m}{\sqrt{C_1 L_1}} T = 2\pi.$$

Sostituendo per m il valore (3), il periodo T resta eliminato. Le equazioni adoperate *non possono dunque servire alla determinazione del periodo dell'oscillazione propria del sistema.* Notiamo che la detta sostituzione porterebbe alla relazione $v \sqrt{C_1 L_1} = 1$ che, se può verificarsi in un caso particolare, non può essere vera in generale. Se, ad esempio, è vera per un filo nudo, non lo è per uno rivestito ed armato.

Lo Slaby giunge a determinare un valore di T solo perchè dimentica la relazione $m = \frac{2\pi}{\lambda}$ e, considerando m come una costante di integrazione, pone la condizione $m = \frac{\pi}{l}$, cioè $\lambda = 2l$, ossia, senz'accorgersi, *assume* quanto vuol *dimostrare.*

a) L'oscillazione propria di un filo rettilineo isolato non è semplice, ma contiene, oltre ad una oscillazione fondamentale, un'infinità di oscillazioni di minor periodo;

b) Quando il rapporto tra il diametro e la lunghezza del filo è abbastanza grande, la lunghezza λ dell'onda fondamentale è il doppio della lunghezza del filo, i cui estremi sono due nodi. Nelle medesime condizioni, le oscillazioni superiori sono *armoniche*, cioè hanno un periodo uguale a $\frac{1}{2}\ \frac{1}{3}\ldots$ dell'oscillazione fondamentale;

c) Il decremento logaritmico dell'oscillazione fondamentale (logaritmo del rapporto tra l'ampiezza di due oscillazioni successive) è dato da $\sigma_1 = 9{,}74\,\varepsilon$, dove $\varepsilon = \dfrac{1}{4\log_e \dfrac{4\,l}{d}}$; d essendo il diametro, l la semilunghezza del filo.

Per quanto riguarda la semi-lunghezza d'onda, essendo la fondamentale uguale alla lunghezza del filo coi nodi agli estremi, ne risulta che, in ogni istante, in tutti i punti del filo l'oscillazione ha la stessa fase, ossia, ad esempio, la corrente ha la medesima direzione; è questa una condizione essenziale perchè si possa avere un'azione a distanza (*), se essa non si verificasse, se, per esempio, le onde fossero assai più corte del filo, le diverse parti del filo stesso, oscillando con fase diversa, tenderebbero a neutralizzarsi perchè eserciterebbero azioni opposte in punti lontani. È appunto quello che accade delle oscillazioni armoniche, le quali, per questa ragione, non hanno importanza nel problema che ci occupa.

Quanto al decremento delle oscillazioni, ossia allo smorzamento, il quale, come vedremo, ha molta importanza nelle trasmissioni, le formole dell'Abraham dicono chè esso diminuisce al crescere della lunghezza; tuttavia, essendo il rapporto $\frac{l}{d}$ sempre assai grande, per la ragione detta nella nota al principio del § 3, questa variazione è assai piccola e si può ritenere che ε, e quindi il decremento, sia sensibilmente indipendente dalla lunghezza del filo.

Dalla formola $\sigma_1 = 9{,}74\,.\,\varepsilon$ si vede facilmente che le oscillazioni sono fortemente smorzate. Infatti, se supponiamo un filo di 20 m. ($l=10$ m.), del diametro di 1 mm., abbiamo approssimativamente $\frac{1}{43}$ $\sigma_1 = 0{,}23$.

(*) V. la mia citata nota: *Elettricista*, 1897.

Se d_1 e d_2 sono le ampiezze della prima e della seconda oscillazione, avremo:

$$\sigma_1 = \log \frac{d_1}{d_2}. \tag{3}$$

Dopo n oscillazioni il rapporto $\frac{d_1}{d_n}$ è $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^n$; se poniamo:

$$\frac{d_1}{d_n} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^n = 2,$$

la (3), che diventa $n\,\sigma_1 = \log_e 2$, dà il numero n delle oscillazioni che debbono compiersi perchè l'ampiezza si riduca alla metà; questo numero è circa *3*. Lo smorzamento è dunque assai forte, non tanto però che, in opportune condizioni, oltre la prima, anche alcune delle successive oscillazioni non possano avere un effetto sensibile.

5. — *Collocamento a terra.* — Nella precedente teoria è supposto che il filo di lunghezza $2\,l$ sia isolato. Per quanto abbiamo detto al § 3, se alla metà inferiore del filo sostituiremo la terra, non varieremo la lunghezza d'onda, la quale risulterà *quadrupla* della lunghezza del filo. Il filo in comunicazione colla terra è paragonabile ad una canna sonora aperta ad un estremo, la cui lunghezza è appunto un quarto d'onda; il filo isolato è paragonabile ad una canna chiusa che è lunga appunto mezza lunghezza d'onda.

Notiamo che fin qui, parlando di nodi e ventri, abbiamo inteso di parlare della *corrente* lungo il filo. Questa ha un nodo, all'estremo libero, un ventre nel punto di mezzo se il filo è isolato; se invece è a terra, il ventre è nel punto posto a terra. Ma se si esamina la distribuzione del potenziale lungo il filo, si troverà l'inverso, cioè un ventre all'estremo libero, giacchè dove il potenziale è massimo (ventre), la sua variazione lungo il filo è nulla, e quindi la corrente è pure nulla (nodo). Su questa considerazione sono fondate alcune disposizioni dello Slaby, di cui diremo più innanzi.

Se si può ammettere l'effetto ora accennato della comunicazione a terra sulla lunghezza d'onda, non è altrettanto facile di prevedere quale effetto avrà la comunicazione a terra sullo smorzamento delle oscillazioni dovuto all'energia irradiata; non c'è però ragione di credere che esso subisca sensibili variazioni.

6. — *Funzione della terra nella trasmissione.* — Ammesso, come facciamo, che la terra formi parte integrante dell'oscillatore, è evi-

dente che non è possibile trascurare questa circostanza nel trattare della trasmissione dal generatore al ricevitore. Questa semplice considerazione fa senz'altro scomparire una delle maggiori difficoltà che si sieno affacciate: quella della rotondità della terra (*), senza alcun bisogno di ricorrere ad ipotesi più o meno arbitrarie, come quella, ad esempio, dello scorrimento delle onde, emanate dal filo nello spazio, lungo la superficie della terra (**).

L'oscillazione, come si propaga lungo il filo, così si propaga sulla superficie della terra; all'estremo del filo l'onda si riflette, dando luogo ad una oscillazione stazionaria. Sulla terra invece una simile condizione di cose non può aver luogo, perchè le poche onde prodotte dall'oscillazione smorzata costituiscono un piccolo gruppo propagantesi colla velocità della luce. Supposto che la terra sia uniformemente conduttrice in tutte le direzioni, questo sistema di onde si propagherà

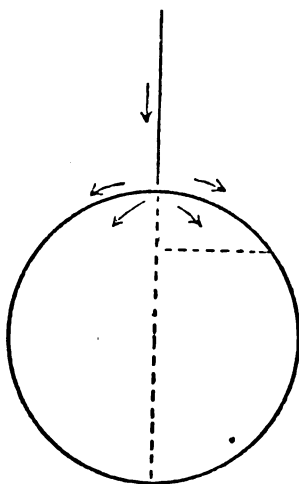



Fig. 1.

ugualmente in tutte le direzioni a partire dalla stazione mittente. L'azione magnetica del complesso di simili correnti sopra un punto P (fig. 1) esterno al conduttore, è la medesima come se tutta la corrente

(*) Tra l'altezza (h) dell'ostacolo interposto dalla rotondità della terra e le distanze (d) di trasmissione esiste approssimata $h = \frac{1}{4}\frac{d^2}{D}$ (D = km. 12700 è il diametro della terra). Ad esempio:

per $d = (km) =$	10	20	50	100	200	300	500
$h\,(m) =$	2	8	50	200	800	1800	5000

(**) V. Blondel e Ferrié. — *Congrès intern. d'électr.*, p. 464.

si propagasse nella direzione del prolungamento del filo. Le linee di forza magnetica saranno cerchi normali al filo, ed il valore della forza magnetica sarà inversamente proporzionale alla distanza del punto dalla detta direzione (P Q); la terra non ha dunque alcun effetto di aumentare il campo nel punto P; il campo è, a pari distanza, quello stesso che sarebbe dovuto al solo filo.

È noto che le linee di forza elettrica tagliano normalmente la superficie dei conduttori, cioè del filo e della terra; perciò l'energia, che, secondo il teorema di Poynting, si propaga normalmente al piano determinato dalla forza magnetica e dalla elettrica, in vicinanza della superficie della terra si propagherà lungo il cerchio massimo passante per O.

Se in P vi è il ricevitore, il filo verticale è normale alle linee di corrente le quali seguono il cerchio massimo; quindi, se la corrente oscillante fosse stazionaria, l'effetto induttivo sarebbe nullo. L'onda invece scorre al piede del filo ricevitore, come se essa rimanesse costante, e il conduttore stesso nel quale essa ha sede scorresse lungo il cerchio massimo colla velocità della luce. In questo caso la posizione dei due conduttori normali l'uno all'altro è evidentemente la più favorevole all'effetto induttivo, perchè il massimo numero possi-

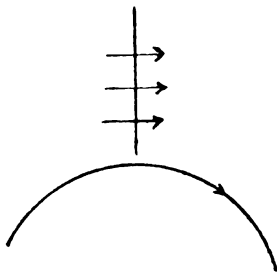



Fig. 2.

bile di linee magnetiche tagliano il filo. Si calcola facilmente la forza elettromotrice indotta, poichè il flusso tagliato in un secondo dal filo è dato dal prodotto $H\,l'\,v$ del campo (H) per la lunghezza del filo (l') e per la velocità della luce (v).

Alcuni autori hanno voluto attribuire alla terra la funzione di un semplice conduttore, ed ammisero (come il Lodge ed il Claude) che le due antenne costituiscano le due armature di un condensatore, o, in altri termini, che anche l'antenna ricevente, posta a terra, formi parte dell'oscillatore. Contro questa spiegazione e d'accordo colla mia sta, tra gli altri, il fatto che il collocamento a terra dell'oscillatore ha

un'importanza ben diversa da quello del ricevitore, e che si possono ottenere ottime trasmissioni a distanza tenendo quest'ultimo isolato. Ma anche senza ciò, l'ammettere col Lodge e col Claude che sia sensibile l'azione elettrostatica tra i due fili anche a qualche centinaio di chilometri, non pare lecito, quando si consideri, ad esempio, con quanta rapidità diminuisca l'influenza reciproca di due sfere quale si può calcolare col principio delle immagini di Thomson. Inoltre il diametro dei fili, come è provato da tutti gli sperimentatori, ha una importanza trascurabile; l'azione di lastre metalliche agli estremi è così piccola che, provate in principio, furono tosto abbandonate. Tutti questi fatti sono invece in accordo coll'ipotesi che l'effetto sia dovuto all'induzione, mediante la quale, in virtù dell'enorme rapidità con cui le linee magnetiche tagliano il filo ricevente, si può in modo assai più soddisfacente rendersi ragione della estrema sensibilità del sistema.

7. — *Risonanza.* — Ho sopra accennato come lo smorzamento sia grande; esso però non è tale che un certo numero di oscillazioni non possa avere un effetto sensibile, e che quindi si debba tener conto della risonanza anche negli apparecchi primitivi, dove oscillatore e ricevitore sono costituiti essenzialmente dal filo aereo. È noto quanto essenziale sia la risonanza nelle esperienze di Hertz fatte con oscillazioni anch'esse fortemente smorzate, e quindi credo che a torto si sia trascurato questo fenomeno da chi ha voluto interpretare i risultati dell'esperienza.

Secondo l'interpretazione data nel paragrafo precedente, sebbene la forza elettromotrice indotta risulti indipendente dal periodo, la risonanza ha ugualmente luogo, perchè le successive semionde hanno campo opposto, e quindi eccitano una forza elettromotrice oscillante di periodo uguale a quello dell'oscillatore.

Quanto al numero di onde che possono avere sul ricevitore un sensibile effetto, esso dipende essenzialmente dalla sensibilità del ricevitore stesso, cioè dall'energia minima che lo può impressionare. Indico con w questa energia (w sarà una costante del ricevitore), e suppongo che l'n^a onda (l'ultima sensibile) porti questa energia w.

L'energia totale sviluppata dall'oscillatore è $\frac{1}{2}$ C V^2, quindi se σ è il decremento logaritmico, avremo:

$$n\,\sigma = \log\left(\frac{1}{2}\,C\,V^2\right) - \log w = \log\frac{1}{2}\,\frac{C\,V^2}{w}$$

$$n = \frac{1}{\sigma}\,\log\frac{1}{2}\,\frac{C\,V^2}{w};$$

$n\,\sigma$ è un numero piccolo, perchè le oscillazioni sono molto smorzate; esso $\left(\text{ossia } \log \frac{1}{2}\,\frac{C\,V^2}{w}\right)$ perciò cresce rapidamente al crescere di $\frac{1}{2}\,\frac{C\,V^2}{w}$, ossia al crescere di C. La capacità C è sensibilmente proporzionale alla lunghezza del filo dell'oscillatore $\left(C = \frac{l}{2 \log \frac{2\,l}{d}}\right)$; concludiamo dunque che il numero delle oscillazioni che hanno effetto sul ricevitore cresce al crescere della lunghezza dell'antenna; questo fatto non si può trascurare quando si voglia spiegare l'influenza di questa lunghezza.

8. — *Legge delle distanze.* — Il Marconi, fin dalle sue prime esperienze, trovò che la distanza di trasmissione con dati apparecchi varia col quadrato dell'altezza dell'antenna e che la migliore condizione di trasmissione è l'uguaglianza dell'altezza delle due antenne. La prima legge fu da tutti confermata; la seconda fu messa in dubbio dal Blondel (*), ma il Marconi continua a sostenerla. Ad ogni modo, le verifiche sperimentali non sono molto rigorose, ed il numero grandissimo di prove fatte dal Marconi dà ai suoi risultati un peso considerevole.

Abbiamo visto (§ 6) che la forza elettromotrice indotta nel ricevitore è misurata da $H\,v\,l'$. Per determinare H ricordiamo: 1° Che il valore di H è il medesimo che si otterrebbe se tutta la corrente oscillante fosse concentrata nella direzione del filo verticale dell'oscillatore (Vedi § 6). Perciò, da questo punto di vista, questo funziona come un oscillatore hertziano propriamente detto; 2° che per un oscillatore hertziano l'energia che giunge in un elemento dello spazio è in ragione inversa del quadrato della distanza (r) dall'oscillatore (**); 3° che l'energia stessa sarà anche proporzionale all'energia totale messa in giuoco nell'oscillatore, ed espressa da $\frac{1}{2}\,C\,V^2$; 4° che la forza magnetica è proporzionale alla radice quadrata dell'energia.

Otteniamo così che H è proporzionale a $\sqrt{\frac{C\,V^2}{r^2}} = \frac{V}{r}\sqrt{C}$. La forza elettromotrice indotta, essendo v una costante, sarà dunque pro-

(*) *Congrès international d'électricité. Rapports et procès-verbaux*, p. 328.

(**) V. RIGHI, *L'ottica delle oscillazioni elettriche.* — Bologna, 1897, p. 214.

porzionale a $\frac{V l'}{r} \sqrt{C}$, ossia a $\frac{V l' \sqrt{l}}{r}$, dove l è la lunghezza dell'oscillatore; e, per $l' = l$, a $\frac{V}{r} l^{\frac{3}{2}}$ essa cresce dunque secondo la potenza $\frac{3}{2}$ dell'altezza. Ma fin qui non si è tenuto conto del fenomeno della risonanza, il quale aggiungerà un coefficiente crescente col numero delle oscillazioni sensibili, cioè (Vedi § 7) coll'altezza l. La seconda legge del Marconi prova che la risonanza ha effetto sensibile. Abbiamo dunque che a *parità di potenziale*, ossia di distanza esplosiva, l'effetto del ricevitore è proporzionale ad una potenza di l superiore a $\frac{3}{2}$. Si vede che in tal modo, senza giungere ad un risultato perfettamente definito, si può rendere ragione della legge delle distanze, secondo la quale la detta potenza di l dovrebbe essere uguale a 2.

9. — *Verticalità dell'antenna.* — Nella interpretazione proposta, la condizione della verticalità dell'antenna risulta immediata, poichè senza di essa la simmetria del sistema verrebbe completamente alterata, ed insieme ad essa la trasmissione. D'altronde, colla posizione orizzontale, l'antenna e la terra tendono a formare un circuito chiuso localmente, che non ha azione a grande distanza. Per questa ragione io credo che non potrebbe funzionare un'antenna verticale sospesa alla sommità di una roccia a picco e unita col suo estremo superiore allo scaricatore posto a terra.

È questa una disposizione proposta, ma non sperimentata, dal capitano Bonomo nella sua Relazione (*).

La condizione della verticalità ebbe anch'essa diverse spiegazioni, le quali possono avere qualche valore solo per le trasmissioni a piccola distanza. Esse sono fondate sulla polarizzazione delle onde emesse dal filo, la quale è necessariamente notevole, perchè il filo dà alle oscillazioni una direzione ben determinata. Il Della Riccia (**) paragona la superficie della terra, e specialmente quella del mare, ad uno specchio metallico. Le oscillazioni polarizzate in un piano parallelo allo specchio, nella riflessione subiscono uno spostamento di fase di mezzo periodo, quelle polarizzate in un piano normale non subiscono

(*) BONOMO, ***Rivista Marittima,*** 1902.
(**) V. tabella della nota al § 6.

alcun spostamento di fase. Ne segue che in vicinanza alla superficie della terra ed al di là di una certa distanza, nel primo caso le onde dirette e le riflesse dànno luogo, per interferenza, ad oscurità, cioè ad una zona di azione minima o nulla; nel secondo, che è quello dell'antenna verticale, ad una zona in cui le due azioni si aggiungono. È questa una teoria che potrebbe senz'altro essere accettata, se essa non venisse a mancare completamente per distanze superiori a poche diecine di chilometri, per le quali (*) i due raggi incidente e riflesso non si incontrano più.

10. — In conclusione, senza voler fare una discussione completa di tutte le idee esposte da altri autori, nè una teoria rigorosa degli apparecchi, teoria che per la natura stessa dei fenomeni e per la moltiplicità degli elementi che vi influiscono riescirebbe necessariamente assai difficile, mi pare che la maggior parte dei fenomeni osservati nella telegrafia senza fili rimanga sufficientemente chiarita dalle esposte interpretazioni.

(*) *Rivista d'Artiglieria e Genio*, 1897.

N. 13.

IL LIMITATORE DI CORRENTE

(Brevetto Lenner)

COMUNICAZIONE

fatta dal Socio Ing. R. Lenner *alla Sezione di Roma nella Seduta del 4 aprile 1902*

(Con due figure).

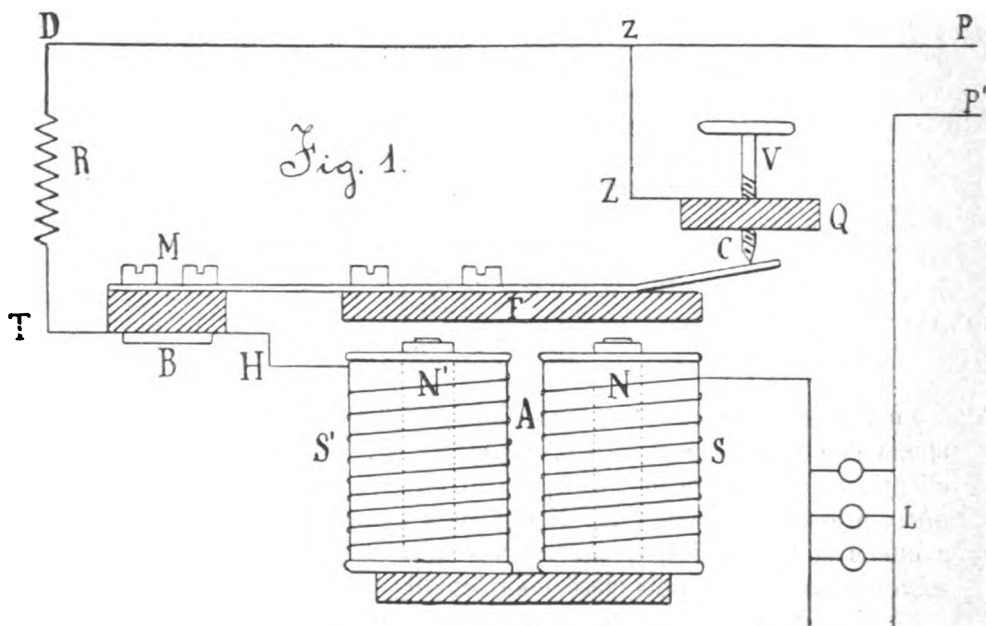
Le Imprese che distribuiscono l'energia elettrica a domicilio col sistema di contratto a *forfait* si vedono spesse volte frodate dai loro clienti, poichè, causa la mancanza di un sistema pratico ed economico, atto ad impedire l'uso di una data quantità di luce superiore a quella stabilita, si viene ad affidare alla discrezione dell'abbonato soltanto, l'osservanza dei patti contrattuali.

Nè alcuna legge è possibile invocare contro chi approfitta della buona fede commerciale, a cui, nel caso in parola, l'appaltatore deve forzatamente sottomettersi; ed invero, data l'inviolabilità del domicilio, non potrà mai l'agente dell'Impresa introdursi senza permesso nelle abitazioni particolari, laddove appunto il furto si commette sotto forma continuata colla sicurezza dell'impunità, perchè al primo avviso è ben facile rimettere le cose nel pristino stato.

A conferma di ciò basta infatti rammentare che un abbonato a *forfait* può frodare la corrente tanto col sostituire alle lampade contrattuali altre di maggiore potenza, come col praticare svariatissime forme di derivazioni abusive, e mentre nessuna traccia può rimanere del furto, se l'utente ha acquistato un po' di pratica in materia, nessun mezzo valido ed economico si seppe finora trovare per impedirlo.

Abbiamo perciò studiato e brevettato il limitatore di corrente più avanti descritto, proponendoci con esso di stabilire la giusta misura delle piccole quantità di energia, e per impedire quindi quei tanti abusi che nelle distribuzioni di luce elettrica coll'abbonamento a *forfait* costituiscono ormai un grave ostacolo al loro completo e razionale sviluppo.

Consideriamo un normale elettromagnete a contatto mobile, simile a quelli comunemente in uso per molte altre applicazioni dell'elettricità e che disegnamo nella fig. 1, rappresentando con A una pic-

cola armatura elettromagnetica; M C una molla avvitata fortemente sul sostegno B, e che sostiene un'àncora F di ferro dolce, che può essere attratta dai nuclei N N′, quando la corrente attraverso le bobine magnetizzanti S S^1 acquista un certo valore; C un punto di contatto mobile che tocca la vite V quando l'àncora F non è attratta dai nuclei N N′; Q un sopporto della vite V; V una vite con impanatura in Q, che può essere ritirata o spinta verso la molla M C.

Siano inoltre P P′ i capi di una linea che conduce la corrente in un impianto di luce per alimentare le lampade elettriche in esso funzionanti e intercaliamole in circuito il L come indicato nello schema.

Supponiamo dapprima che la molla M C tocchi la vite; è facile comprendere che in tale posizione le lampade sono alimentate attraverso il circuito chiuso P Z C M H S′ S L P′.

Montiamo poi parallelamente al contatto Z C M un'altra linea Z D R T M, in cui sta inserita una resistenza R; allora parte della corrente totale, dovuta alle lampade L, attraversa anche il circuito fisso della resistenza R.

Se invece allontaniamo la molla M C dalla vite V in modo da rompere il contatto in C, tutta la corrente, dovuta al sistema disegnato, sarà obbligata di attraversare la resistenza R, che risulta posta in serie colle bobine e colle lampade.

Proporzionando l'elettromagnete in modo che la quantità di corrente assorbita dalle lampade L non permetta all'armatura A di attrarre l'àncora F, il contatto C resterebbe fisso, e non si verificherà nè la discontinuità del circuito P Z C M H S′ S L P′, nè la posizione in serie delle lampade L colla resistenza R.

Qualora invece le lampade L possano provocare il passaggio di una maggiore quantità di corrente capace di far attrarre dall'armatura A l'àncora F, che distacca il contatto in C, si verificherà automaticamente la posizione in serie delle lampade L colla resistenza R.

Vediamo ora a quali condizioni deve soddisfare la resistenza R. Fino a quando la corrente che attraversa le bobine S S′ non raggiunge il valore dovuto per far attrarre l'àncora F, la resistenza R non entra in funzione attiva, ed in tal caso essa corrisponde ad una semplice derivazione di scarico del contatto C. Consideriamo quindi il periodo in cui per eccesso di corrente si provochi l'attrazione di F e la rottura del circuito in C.

Se la resistenza R ha un valore piccolissimo, l'àncora F resterà attratta dall'armatura A, perchè l'inserzione di R non può modificare il valore della corrente che attraversa la serie R L, e in tal modo anche la differenza di potenziale ai morsetti delle lampade L (a meno della perdita insignificante dovuta alla piccola resistenza R) rimane praticamente quella di regime.

Il distacco del contatto C della vite non provocherebbe allora nessuna scintilla, e si potrebbe quindi aumentare a piacimento il numero delle lampade in L, senza variare i dati del loro funzionamento.

Quando invece R fosse una resistenza grandissima, non appena l'armatura L attrae l'àncora F, che distacca C da V, si produrrà in C una forte scintilla per la rottura del circuito, ma subito dopo diminuirà la forza attrattiva dell'armatura, mancando in essa la corrente necessaria per trattenere l'àncora F. Questa sarà allora sollecitata a ritornare nella sua posizione primitiva che chiude il circuito Z C, per cui si provoca di nuovo il passaggio dell'eccesso di corrente attraverso le bobine S S′ e l'àncora F sarebbe successivamente attratta e respinta con grande rapidità, verificandosi un forte scintillio fra la punta fissa V ed il contatto C. In breve la scintilla può così deteriorare l'apparecchio distruggendo il contatto V C, e la sua sensibilità sarebbe perduta, non permettendo più il passaggio attraverso

la serie P Z V C M H S′ S L P′. La corrente seguirebbe allora la linea P D R T H S′ S L P′, ma in virtù della grande resistenza R, le lampade in L non potrebbero dare alcuna intensità luminosa, da cui risulta che per i valori limiti della resistenza R l'apparecchio non risponda ad alcuno scopo.

Bisogna quindi proporzionare la resistenza R in modo da ottenere per quanto possibile una piccola scintilla fra V e C, ad evitare che il contatto in C si guasti.

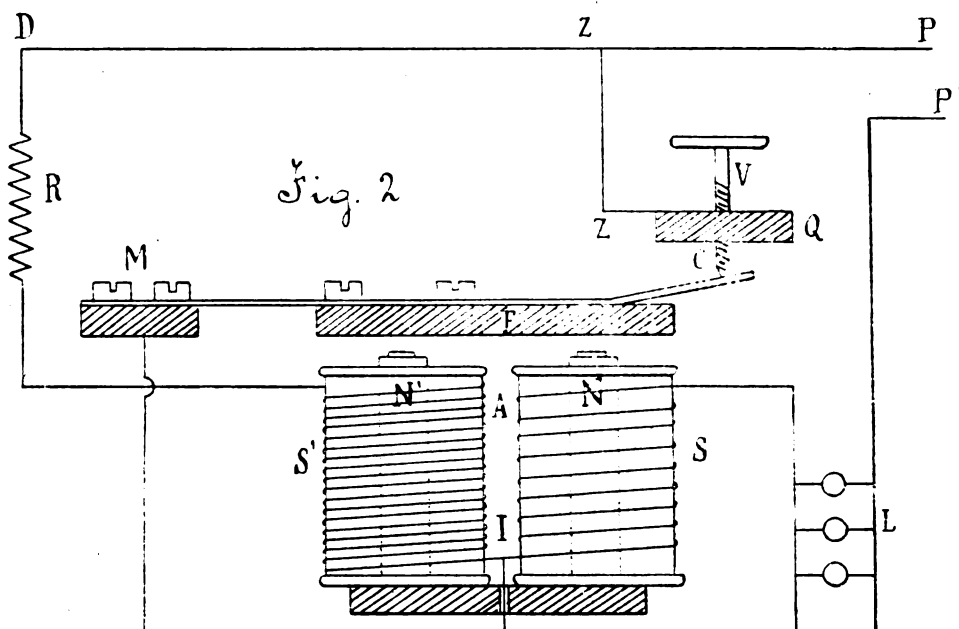
È d'uopo inoltre subordinare il valore di R alla condizione che lasci passare tanta corrente attraverso la serie R S′ S L quanta è necessaria per mantenere attratta l'àncora F dopo avvenuto il distacco in C.

Per la corrente continua in ispecie è assai facile trovare un valore qualunque di R che soddisfi a quanto sopra, poichè quando anche la nuova intensità di corrente dovuta alla serie R S′ S L fosse molto più piccola di quella che ha provocato il distacco, occorre sempre ben minore quantità di energia per mantenere l'aderenza dell'àncora alla armatura dopochè si è spostata dalla sua primitiva posizione di equilibrio.

Al contrario, per la corrente alternativa, l'aderenza dell'àncora alla armatura ha luogo soltanto quando il valore dell'intensità sia di poco minore o pressochè uguale a quello che ha provocato il distacco, ragione per cui la resistenza R dovrebbe essere in ogni caso assai piccola, onde evitare il tremolio dell'àncora F e le conseguenti scintille di chiusura ed apertura, che, per quanto ridotte, distruggono facilmente il contatto in C. Sappiamo, d'altra parte, che se R assume un valore troppo piccolo, l'apparecchio non risponde bene al suo scopo, bisogna quindi, per la corrente alternata, adottare una disposizione tale, per cui una volta rotto l'equilibrio e distaccata l'àncora F, questa possa rimanere aderente all'armatura anche se l'intensità dovuta alla serie R S′ S L viene sensibilmente a diminuire.

Una simile disposizione si realizza, adottando lo schema della figura 2. Se infatti uniamo il punto fisso M, ove si avvita la molla dell'àncora F, col punto di mezzo I delle due spirali S S′, veniamo ad escludere la bobina S′ dal circuito e affidiamo il lavoro elettromagnetico di attrazione alla sola bobina S. Non appena l'àncora F accenna a distaccarsi dal contatto mobile C per effetto di una eccessiva corrente attraverso la spirale S, entra in funzione anche l'altra bobina S′ risultando ambedue poste in serie con R e con le lampade in L.

Il campo magnetico viene allora a riafforzarsi, malgrado che dimi-

nuisca l'intensità della corrente dopo l'inserzione nella resistenza R, ed è ben facile rendere in tal modo l'armatura A suscettibile di mantenere attratta l'àncora non appena rotto l'equilibrio del sistema.

Va da sè poi che la bobina d'aiuto S′ può essere composta di un numero di spire superiore a quello dell'altra bobina, non implicando essa alcun consumo di energia durante il regolare funzionamento dell'impianto a cui l'apparecchio viene adibito.

Da quanto abbiamo fin qui esposto risulta evidente che ogniqualvolta si distacca il contatto in C, la differenza di potenziale, misurata ai morsetti delle lampade in L, è funzione delle resistenze R, S e S′.

Notiamo però che le resistenze di S od S S′, che rimangono costantemente inserite in circuito, sono sempre piccolissime e tali da non modificare praticamente la tensione a cui le lampade debbono funzionare; possiamo quindi ritenere che ogniqualvolta l'àncora viene attratta, la tensione in L dipenda soltanto dalla resistenza R.

Chiamando allora con R′ la resistenza a caldo delle lampade, ed essendo T′ la tensione di regime ai capi P P′ del circuito, avremo che la differenza di potenziale in L sarà espressa da un valore T, che soddisfa all'uguaglianza:

$$T = T' - \frac{R\,T'}{R + R'} = T'\left(1 - \frac{R}{R + R'}\right). \qquad (1)$$

Di qui è facile dedurre qual valore dovremo attribuire alla resistenza R per fare in modo che la tensione alle lampade L diminuisca, entro i limiti voluti, ogniqualvolta che l'apparecchio ha attratta l'àncora F.

Sia r la resistenza delle lampade quando assorbono una intensità di corrente tale da non far attrarre l'àncora, essendo esclusa la resistenza R, avremo $R = o$ e $T = T^1$, cioè la tensione delle lampade è uguale a quella di regime.

Diminuendo r e ponendo che $r - dr = R'$ sia quel valore limite della resistenza in L, per cui l'àncora viene attratta, l'apparecchio distaccherà il contatto in C, per qualunque altro valore di $R' < r$, ed è evidente che più lampade si inseriscono in L (cioè quanto più R' diminuisce), tanto più piccolo risulterà il valore di T dato dalla (1).

Colla resistenza r l'abbonato consuma normalmente l'intensità: $i = \frac{T'}{r}$, alla quale non ha luogo l'attrazione dell'àncora; se poi tenta di consumare più corrente inserendo nuove lampade per il valore $r - dr = R'$ e per tutti gli altri minori di R', l'intensità di corrente, di cui l'abbonato può usufruire, è data dall'uguaglianza: $\frac{T'}{R + R'} = I$, dalla quale si deduce che basta porre $R > dr$, perchè una volta rotto l'equilibrio risulti I sempre minore di i.

A questo apparecchio si appropria quindi il nome di *limitatore di corrente*, e mercè sua possiamo far in modo che l'abbonato in un impianto di luce non possa accendere lampade di una potenzialità oltre a quella per cui il limitatore fu tarato.

Una forma molto conveniente per l'apparecchio è quella che, in generale, si dà all'àncora e alla elettrocalamita dei comuni campanelli elettrici, montando tutto sopra base di porcellana, oppure di marmo o ardesia.

La molla M, che sostiene l'àncora, deve essere della migliore qualità e sufficientemente robusta per mantenere bene il contatto mobile.

Laddove si incontra il punto di contatto C della molla colla vite regolabile V, bisogna applicare una larga e spessa lastrina d'argento, e ciò tanto sulla molla che sulla punta della vite.

I nuclei dell'armatura devono essere del miglior ferro dolce, acciocchè il magnetismo residuo faccia sentire il meno possibile la sua influenza, così dicasi per l'àncora F, a cui è consigliabile applicare un leggiero strato di sostanza amagnetica per evitare la perfetta aderenza di ferro a ferro durante l'attrazione, e per facilitare il distacco quando le cose si rimettono a posto.

La resistenza R, più economica, al nostro caso, può essere costituita da una semplice lampada ad incandescenza, anche vecchia, purchè col filamento sano, ed è consigliabile in generale, applicarla di resistenza uguale a quella delle lampade per cui il limitatore viene adibito, perchè in tal modo la scintilla di apertura in C riesce sempre insensibile.

Era facile però il prevedere che data la natura del contatto in C ed essendo inserito in circuito la molla CF nel funzionamento normale del limitatore, l'intensità di corrente a cui avrebbe potuto resistere l'apparecchio non poteva essere grande. Infatti l'esperienza ci indicava che detti limitatori, nella forma e dimensioni di cui alla figura, funzionano bene fino a circa 2,5 amp., non escludendo che qualora li si proporzionasse in modo diverso si potrebbe giungere anche ad intensità di più grande valore. Ma di ciò non è il caso di occuparsene, poichè lo scopo principale a cui abbiamo voluto adibire l'apparecchio, è quello di servire per piccoli impianti privati che nelle distribuzioni di luce a *forfait* sono i più numerosi e quindi i più importanti a considerare in simili casi, perchè appunto in essi soltanto l'apparecchio potrà trovare sempre largo campo di applicazione.

Ciò posto è necessario accennare al modo nel quale le bobine che lo compongono devono essere proporzionate.

Evidentemente la forza magneto-motrice dipende sempre dal numero di ampère-spire che potremo ottenere coll'avvolgimento di conduttori sui tamburi S S′ con cui bisognerà vincere la forza di resistenza della molla F C.

Adoperando quindi una data molla di spessore e larghezza costante per tutte le intensità di corrente ammissibili nell'apparecchio, quando l'appoggio in C della vite V riesce dolcissimo, l'àncora F si allontana dalla sua posizione normale allorchè la forza magneto-motrice raggiunge una certa costante K. Ne viene che se l'apparecchio contenendo N spire è attraversato in via normale da i amperès, l'attrazione avverrà quando per un aumento di corrente $d\,i$ risulta:

$$(i + d\,i)\,N = K.$$

Al caso pratico, adoperando una buona molla da orologio di circa 2 decimi di mm. di spessore, larga 6 o 7 mm. per le dimensioni dell'apparecchio segnato in figura, risulta che K varia fra 105 e 125 a seconda della pressione della vite V sul contatto mobile C.

Prendendo K = 120 avremo, per esempio, che per le intensità normali di

0,2 amp. dovremo avvolgere sui tamburi $N = \frac{120}{0,2} = 600$ spire

0,5 » » » » $N = \frac{120}{0,5} = 240$ »

1 — » » » » $N = \frac{120}{1} = 120$ »

1,5 » » » » $N = \frac{120}{1,5} = 80$ »

2 — » » » » $N = \frac{120}{2} = 60$ »

e così via dicendo per valori intermedi, superiori o minori a quelli considerati.

Abbiamo più sopra accennato che era consigliabile di applicare in R una resistenza di un valore prossimamente uguale a quello delle lampade a cui il limitatore viene adibito. Senonchè tale sistema, se è buono sotto ogni punto di vista, quando trattasi di dover limitare correnti di 0,5 amp. o poco più, porta a degli inconvenienti costruttivi che non sono trascurabili. Infatti, dovendo studiare la massima economia per offrire al commercio il nostro limitatore ad un prezzo più basso possibile, ed essendo consigliabile, per quanto si può, di adottare un tipo unico di apparecchio nei limiti dell'intensità di corrente sopra stabilita, è chiaro che applicando per la resistenza R delle lampade fino a 2 amp., il volume della scatola che le deve contenere, diventa troppo grande, oppure dovrebbe variare da tipo a tipo.

Per questo motivo ci siamo proposti di adottare per la resistenza R un tipo unico di lampadina, mantenendo nel limitatore la disposizione dei circuiti segnati in figura 2, tanto per il caso delle correnti alternative, come per quello delle correnti continue.

In tal caso possiamo infatti aumentare a nostro piacimento il numero delle spirali da avvolgersi sul tamburo S′ che nel funzionamento normale dell'apparecchio rimangono escluse dal circuito, per cui la loro resistenza non implica alcuna perdita nelle lampade L mentre esiste il contatto in C. Con ciò veniamo a stabilire che la forza magnetomotrice dell'apparecchio deve dipendere tutta dall'avvolgimento S, mentre non appena il contatto in C tende a distaccarsi, entra in funzione anche la spirale di S′ che risulta allora posta in serie con R.

In queste condizioni possiamo far in modo che il valore del campo

determinante l'attrazione dell'àncora F non venga a diminuire malgrado l'inserzione della resistenza R e relativa diminuzione di intensità, e sarà in nostro arbitrio anzi di aumentarlo se occorre, per assicurarci che una volta rotto l'equilibrio per il passaggio di una corrente superiore a quella stabilita, l'àncora F rimanga attratta, impedendo le oscillazioni della molla e conseguenti scintille in C.

Chiamando allora con I la intensità di corrente che circola nell'apparecchio dopochè il contatto in C fu sollecitato a distaccarsi, e con N' il numero delle spirali avvolte sul tamburo S', basterà per raggiungere lo scopo fare in modo che sia:

$$N' I \geqq N (i + d i),$$

di guisachè il campo magnetico avrà allora un valore di

$$N' I + N I \text{ che è sempre maggiore di } N (i + d i)$$

e che assicura in ogni caso l'attrazione dell'àncora F per qualunque valore di R.

Passando ad un esempio pratico, supponiamo di voler adottare per il circuito derivato di R e di S' una resistenza complessiva W di circa 250 ohm e che in L siano inserite lampade che a caldo hanno una resistenza $w = 57$ ohm, mentre la tensione disponibile ai capi P P' della linea sia di V = 114 volt.

Supponiamo inoltre che la resistenza della spirale S sia trascurabile, come dimostreremo.

La forza magneto-motrice $N i = K$ dovuta alla sola spirale S, oltre cui si determina l'attrazione dell'àncora F, si ottiene nel caso in parola mediante un numero di spire:

$$N = \frac{K}{i} = \frac{K w}{V} = \frac{120 \times 57}{114} = 60 \text{ spire},$$

mentre per ottenere colla sola spirale S' la medesima forza magneto-motrice $N' I = K$ dopo attratta l'ancora, quando si inserisce la resistenza W (di R e della spirale S') il numero delle spire necessarie è dato da:

$$N' = \frac{K}{I} = \frac{K (w + W)}{V} = \frac{120 (57 + 250)}{114} = 323 \text{ spire}.$$

La forza magneto-motrice totale sarà però quella dovuta ad

$$I (N + N') = \frac{114}{57 + 250} (60 + 323) = 144 \text{ amp.-spire},$$

e da ciò risulta che i nostri limitatori così calcolati, possono sempre

soddisfare alle condizioni volute, per quanto sia grande il valore della resistenza R.

Ritornando all'esempio pratico già discusso per cui avevano posto:

$$\frac{V}{R + S' + w} = I = \frac{114}{250 + 57} = 0{,}371 \text{ amp.},$$

dovremo proporzionare il conduttore che in S' si avvolge, in modo da assicurarsi che non possa mai essere assoggettato a soverchio riscaldamento anche se dovesse rimanere sotto corrente per molto tempo, per cui sarà bene non oltrepassare i 5-6 amp. per mmq. di sezione.

Pel caso del limitatore preso in esempio, potremo quindi adottare il filo da 3 decimi di mm. di diametro, che con 323 spire, al diametro medio di mm. 16 per spira, risulta lungo

$$\frac{16 \times 3{,}14 \times 323}{1000} = \text{metri } 16{,}25,$$

che hanno la resistenza di circa ohm 4 per cui la lampada in R dovrebbe avere la resistenza di ohm 246 circa.

In pratica però essendo meglio abbondare nella forza magneto-motrice dovuta alla sola bobina S', si deve avvolgere un numero di spire N' superiore di almeno 1,5 a quello calcolato e con ciò si potrà convenientemente riparare alle eventuali variazioni della resistenza R entro limiti abbastanza larghi, non potendosi nè dovendosi pretendere che per un apparecchio pratico e poco costoso, essa debba assumere dei valori precisi e costanti.

Dopo quanto abbiamo detto, riesce ben facile il comprendere in qual modo dovremo proporzionare il filo da avvolgersi nella bobina S in relazione all'intensità di corrente che lo attraversa.

È bene però notare che trattandosi in generale di dover applicare in essa un numero di spire sempre minore a quello della bobina S' è conveniente abbondare nel diametro del filo, sia per evitare qualsiasi riscaldamento nocivo, perchè la bobina S è sempre funzionante, sia per ridurre le perdite al minimo grado possibile.

E, sempre riferendoci al caso di cui sopra, volendo avvolgere 60 spire di 16 mm. di diametro medio, avremo in S una bobina composta di

$$\frac{60 \times 16}{1000} = \frac{960}{1000} = \text{m. } 0{,}96 \text{ di filo},$$

e a questo potremo attribuire un diametro minimo di mm. 0,8 con

4 amp. per mmq., che avendo una resistenza di circa 0,03 ohm, implica una perdita di

$$0{,}03 \times 2 = 0{,}06 \text{ volt,}$$

ossia di

$$0{,}12 \text{ watt sopra } 114 \times 2 = 228 \text{ watt,}$$

a cui l'apparecchio è proporzionato, pari al 0.526 per mille, ossia ad una perdita che, come abbiamo detto più sopra, è praticamente trascurabile.

La sensibilità di questo nostro limitatore può essere grandissima; abbiamo infatti riscontrato che si può facilmente regolarlo in modo da far attrarre l'àncora F quando la corrente che attraversa le spirali S S' supera appena il 2 per cento dell'intensità di regime; mentre per regolarlo nel modo che più si conviene basta, o spostare leggermente la posizione dell'armatura A rispetto a quella di riposo dell'àncora F, od avvicinare questa all'armatura, a mezzo della vite V.

Senonchè, volendo passare dal campo sperimentale a quello pratico, dobbiamo avvertire che una grande sensibilità dell'apparecchio non è più conveniente. Ed invero, se supponiamo montati un certo numero di simili apparecchi in una rete di distribuzione di luce, è facile comprendere che per la natura stessa degli impianti elettrici la differenza di potenziale nei diversi punti della rete non può rimanere sempre costante, modificandosi spesso la tensione, sia per il differente carico a cui le linee possono essere sottoposte, sia pel variabile funzionamento delle stazioni generatrici.

Ad ogni sopraelevamento della tensione corrisponderà allora maggiore assorbimento di corrente da parte delle lampade inserite, e se a queste fosse applicato un limitatore troppo sensibile si comprende subito che l'àncora F risulterebbe attratta senza colpa dell'utente, a cui si vuole impedire un eventuale abuso.

Bisognerà quindi accontentarsi di tarare l'apparecchio in modo che possa resistere fra limiti abbastanza larghi alle normali variazioni di potenziale, a cui i diversi punti di una data rete possono essere sottoposti. Ciò non toglie però che il nostro limitatore sia ugualmente atto a rendere i più grandi benefici per chi distribuisce la luce a domicilio col sistema del contratto a *forfait*, potendosi in ogni caso impedire con esso gli abusi che in generale si riscontrano nelle distribuzioni di energia ove non si ritiene conveniente applicare i contatori.

Supponiamo infatti che in un dato impianto, le variazioni di potenziale nella rete possano talvolta assorbire alle lampade fino al 10 0/0 in più della loro energia normale, e che quindi in ogni installazione privata si applichino i limitatori tarati in modo che possano soppor-

tare la corrente fino al 10 0/0 in più di quella dovuta al potenziale di regime, prima che si provochi il distacco dell'àncora. L'abbonato potrà bensì cambiare la sua lampada sostituendola con un'altra che consumi maggiore energia, ma non appena interverranno le variazioni di potenziale a cui l'impianto può essere sottoposto, vedrà la sua lampada posta in resistenza perchè il limitatore entra in funzione. E fintantochè il sopraelevamento di tensione esiste, il che talvolta dura lungo tempo, non potrà l'abbonato avere la luce giusta se non rimette a posto le lampade regolamentari.

Notiamo ancora che ogni qualvolta il limitatore funziona, per farlo ritornare alla sua posizione di riposo basta operare una breve interruzione, talchè senza intervento di nessuno, l'abbonato che tentava la frode può rimettere da sè le cose a posto, dopo inserite in circuito le lampade regolamentari.

Data la facilità di taratura dei nostri limitatori, il personale adibito al loro impianto può montarli sul posto adattandoli subito alla tensione che esiste in un dato punto della rete, come pure può fare in modo che il medesimo apparecchio serva indifferentemente tanto per una piccola lampada da 5 candele, come per le lampade corrispondenti alla sua massima potenzialità, e ciò operando il semplice ricambio della bobina S, dalla quale soltanto viene a dipendere la sensibilità del limitatore.

Per impedire che gli utenti di luce possano manomettere questi apparecchi è necessario piazzarli all'esterno delle private abitazioni e vanno quindi racchiusi in speciale cassetta che, mentre li protegge contro gli agenti atmosferici, serve anche per fissarli sui muri delle case o sulle mensole.

Da quanto abbiamo fin qui esposto è facile comprendere come questo nostro limitatore riesce economico e sicuro, poichè esso si compone di materiali semplici e poco costosi, condizione essenziale per dare alla pratica un apparecchio che possa trovare largo e vantaggioso impiego.

N. 14.

SOPRA UN NUOVO KILOWATTOMETRO REGISTRATORE CON « RELAIS »

LETTURA

fatta dal Socio Ing. VITTORIO ARCIONI *alla Sezione di Milano nella Seduta del 15 aprile 1902*

(Con 10 figure).

Fra gli apparecchi elettrici di misura, quello che trova maggiori applicazioni è ancora oggidì l'elettrodinamometro, il quale può riguardarsi come il termine di paragone cui conviene ricorrere per la campionatura di molti altri misuratori. L'assenza assoluta che in esso si riscontra di grandezze variabili con il tempo, come, ad esempio, l'induzione nei magneti, od il cui valore non è definibile esattamente in relazione alle condizioni speciali di funzionamento dell'apparecchio, come, ad esempio, l'induzione in un pezzo di ferro dolce, e le particolari e preziose caratteristiche che presenta quando si adopera con correnti alternative, sono tutte qualità praticamente d'importanza massima e che in nessun altro apparecchio si trovano così completamente e semplicemente riunite.

Mediante l'elettrodinamometro si studiano e si misurano le azioni elettrodinamiche fra due correnti che percorrono due circuiti diversi. L'apparecchio si compone sostanzialmente di due avvolgimenti: l'uno fisso e l'altro mobile.

Sotto l'azione reciproca delle correnti che percorrono i due avvolgimenti, fisso e mobile, quest'ultimo è sollecitato a muoversi in un certo senso. In alcuni modelli d'istrumenti si deduce il valore dell'azione elettrodinamica fra i circuiti dall'entità dello spostamento subìto dall'avvolgimento mobile, vincendo il contrasto di una forza antagonista qualunque, come, ad esempio, un peso, la tensione di una molla, ecc.

In altri modelli l'avvolgimento mobile è, nel momento della lettura, ricondotto nella medesima posizione rispettivamente all'avvolgimento

fisso, mediante una forza antagonista che fa equilibrio all'azione elettrodinamica delle correnti. In tali modelli è facile leggere il valore della forza antagonista, ché risulta, nelle condizioni esposte, proporzionale all'azione delle correnti. Ai primi modelli appartengono i tipi a lettura diretta; sono generalmente apparecchi poco ingombranti, maneggevoli, applicabili su quadri di distribuzione. Ai secondi modelli appartengono i tipi costruiti per misure molto esatte, e si adoperano di solito come apparecchi di controllo.

La relazione che definisce l'azione reciproca delle correnti nei due circuiti è per correnti continue:

$$f = h\, i\, i_1,$$

dove f indica il valore della forza o della coppia che agisce sul circuito mobile, i ed i_1 indicano le intensità delle correnti nei due circuiti, fisso e mobile, ed h una costante dipendente dalla grandezza, forma e posizione reciproca dei due circuiti. Quest'ultima si determina sperimentalmente per ogni apparecchio, e solo in casi speciali può definirsi *a priori* con il calcolo.

Se i due avvolgimenti, fisso e mobile, si uniscono in serie, risulta

$$f = h\, i^2,$$

e si può eseguire la misura dell'intensità di una corrente.

Quest'ultima formola esprime che l'apparecchio può ugualmente adoperarsi per correnti continue ed alternative; ed in tal caso, stante l'assenza di ferro, ed avendo cura che non si abbiano in presenza grandi masse conduttrici, le misure sono ugualmente attendibili, qualunque sia la frequenza della corrente e la forma della sua curva. Se nella formola:

$$f = h\, i\, i_1,$$

i rappresenta l'intensità della corrente che attraversa un dato circuito ed i_1 l'intensità di una corrente proporzionale alla differenza di potenziale fra cui si eseguisce la derivazione, il valore di f risulta la misura del lavoro eseguito nel circuito percorso dalla corrente continua i. Se le correnti i ed i_1 sono alternative, di eguale frequenza, e φ è il valore angolare del loro spostamento di fase, si ha la relazione:

$$f = h\, i\, i_1 \cos \varphi,$$

e se, come nel caso precedente, i ed i_1 definiscono le condizioni d'un circuito, f misura ugualmente il lavoro eseguito in questo circuito.

Da quanto è stato brevemente esposto, risulta che la combinazione di due avvolgimenti, uno fisso e l'altro mobile, disposti a reagire fra

di loro, quando sono percorsi da correnti, si presta alla costruzione di amperometri, voltometri, wattometri, con indicazioni indipendenti dalla natura della corrente, sia essa continua che alternativa.

La pratica costruzione degli elettrodinamometri offre peraltro diverse difficoltà, in ispecie quando si ha per iscopo la costruzione di apparecchi comodi nelle misure industriali, e non solamente adatti ad essere adoperati nei laboratori scientifici, dove naturalmente, all'infuori dell'esattezza dello strumento, non si tiene alcun conto della forma più o meno ingombrante dello strumento, della delicatezza richiesta nelle manovre e della necessità o meno di dover adoperare coefficienti di correzione od altre formole per ottenere il giusto valore delle indicazioni.

Fra gl'inconvenienti che presenta l'elettrodinamometro nella sua applicazione per apparecchi industriali, è primo quello che riguarda la coppia motrice. Quando le dimensioni dei circuiti fisso e mobile sono nei limiti consentiti praticamente, si ha che la coppia agente sull'equipaggio, cui è solidale l'indice che si sposta davanti alla graduazione, è molto piccola, cosicchè l'inerzia dell'equipaggio è grande di fronte alle forze che agiscono sul medesimo, e come prima conseguenza si ha un'assenza completa di aperiodicità. Ognuno sa quanto sia ricercata la qualità di un buono spegnimento negli apparecchi industriali. Si noti inoltre che il mezzo più efficace, applicato ordinariamente, per diminuire le oscillazioni dell'equipaggio, qual'è l'aggiunta d'un freno a disco Farady, non può adoperarsi nell'elettrodinamometro, in cui la vicinanza di magneti od in ogni caso di masse metalliche, turba considerevolmente le indicazioni. Non si può ricorrere quindi che agli spegnimenti ad aria od a liquido.

Anche la ripartizione delle divisioni sulla scala non è molto buona, e sovente è necessario limitarsi ad un'ampiezza di pochi gradi per escludere quei tratti che sarebbero praticamente insufficienti per la chiarezza delle letture.

Nel caso che l'elettrodinamometro si adoperi con i due avvolgimenti disposti in serie, come si richiede per la misura dell'intensità di una corrente o di un voltaggio, la relazione che stabilisce che la coppia di rotazione, a parità di altre condizioni, è proporzionale al quadrato dell'intensità della corrente, dimostra già che la distribuzione delle divisioni sulla scala non può essere molto buona, per quanto si usino artifici per renderla il più possibile uniforme.

Quando l'elettrodinamometro è adoperato come wattometro, allora la scala sarebbe perfettamente uniforme se lo spostamento relativo dei circuiti, durante la rotazione dell'equipaggio, non intervenisse ad al-

terare la legge che definisce la coppia in funzione dei watt, introducendo, come variabile, la posizione relativa dei circuiti fisso e mobile.

Se tale posizione relativa è invariabile, come avviene nel modello in cui si fanno le letture, riconducendo a zero l'equipaggio mediante la tensione di una molla antagonista, la scala si presenta perfettamente uniforme.

Ritenendo d'ora innanzi di riferirci sempre all'elettrodinamometro adoperato come wattometro, essendo questa l'applicazione più utile e più richiesta nella pratica, consideriamo l'avvolgimento amperometrico di un tale apparecchio.

Questo avvolgimento è di solito sempre fisso, e ciò per la facilità con cui in tal modo si può condurre attraverso ad esso la corrente, in generale d'intensità ragguardevole. Un tale avvolgimento è quindi costituito di conduttori capaci di una forte intensità di corrente; e trattandosi di corrente alternativa, è necessario tenere presente che il rame deve essere sezionato per impedire che correnti indotte possano falsare le indicazioni, rendendo l'apparecchio dipendente nel suo funzionamento dalla frequenza, dalla forma della curva e dal coefficiente di temperatura del rame. Se il circuito amperometrico è ben sezionato, la frequenza influisce soltanto sulla differenza di potenziale ai morsetti dell'apparecchio.

Per ciò che riguarda l'avvolgimento in derivazione, ha molta importanza, riferendosi sempre alle applicazioni per correnti alternative, l'induttanza propria della spirale, come l'induttanza mutua dell'avvolgimento voltometrico ed amperometrico. Quando i valori di questi coefficienti d'induttanza fossero grandi, le indicazioni sarebbero dipendenti dalla frequenza. A ciò si rimedia in misura praticamente sufficiente mantenendo piccolo il numero dei giri dell'avvolgimento voltometrico, e ponendo in serie con esso una forte resistenza senza induttanza. Nei modelli in cui i piani dei due avvolgimenti sono mantenuti sempre normali fra di loro, come nell'elettrodinamometro a torsione Siemens, l'induttanza mutua è uguale a zero.

L'influenza dell'induttanza propria nell'avvolgimento voltometrico è tanto meno apprezzabile quanto maggiore è la resistenza ohmica aggiunta, e quindi per uno stesso apparecchio, quanto maggiore è la tensione fra i conduttori su cui è inserito lo strumento. Con le tensioni che si riscontrano in pratica, e con apparecchi bene proporzionati, è trascurabile, in relazione alle frequenze ordinarie, l'effetto dell'induttanza nell'avvolgimento voltometrico. La resistenza addizionale che s'inserisce in serie all'avvolgimento voltometrico, oltre che diminuire l'effetto dell'induttanza nel medesimo, ne rende trascurabile il coefficiente di temperatura.

Le difficoltà costruttive aumentano considerevolmente quando si ha di mira lo studio d'un apparecchio registratore. In tal caso la tenuità della coppia motrice, che agisce sulla parte mobile dell'apparecchio, è in contrasto con la necessità di trasportare una punta scrivente, con tutta sicurezza, sopra un foglio di carta, per ottenere un'impressione sicura e perfetta delle variazioni del carico.

Molti sono gli artifici meccanici usati per ottenere risultati soltanto discreti, in apparecchi con registrazione diretta; vale a dire in tutti quei modelli in cui l'equipaggio mobile porta esso stesso un braccio munito di punta scrivente.

Tralascio di occuparmi qui di quelle combinazioni in cui si fa uso di raggi di luce riflessi su carta sensibile; sono questi mezzi preziosi in un laboratorio, dove persone adatte presiedono alla sorveglianza di tutto il complesso della disposizione, perchè nulla avvenga che ne alteri il regolare funzionamento, ma tali da non potersi affidare a mani poco esperte nello esperimentare.

Un'idea buona, variamente applicata, ma che ha dato risultati finora soltanto mediocri, come risulta dal poco favore incontrato presso i costruttori, e dalla scarsità di apparecchi in cui se ne trae profitto, è quella di corredare lo strumento di un *relais*, cioè di una disposizione meccanica atta a tracciare con forza un'impressione sicura in accordo agli spostamenti dell' equipaggio mobile che obbedisce alle variazioni del carico.

Le difficoltà costruttive che accompagnano una soluzione soddisfacente ottenuta su questa via, e l'importanza che assumono in essa molteplici particolari tanto di carattere elettrico quanto meccanico, costituiscono, a mio avviso, la ragione del così limitato favore incontrato dal *relais*, più che non lo sia la prevenzione che una parte estranea al vero misuratore possa complicare inutilmente l'apparecchio e rendere meno sicuro il suo funzionamento.

Anch'io mi occupo da alcuni anni della costruzione di apparecchi di misura presso la fabbrica Olivetti in Ivrea, e studiando la questione dei kilowattometri registratori, ho avuto agio di imbattermi nelle difficoltà cui ho accennato più sopra e di poterle valutare. È peraltro nell'applicazione di un *relais* che credo di aver ottenuti risultati realmente soddisfacenti, particolarmente in relazione alla costruzione di wattometri tanto indicatori che registratori.

Il nuovo modello di kilowattometro, che presento, è un apparecchio in cui le condizioni elettriche teoriche per ottenere un buon misuratore sono praticamente osservate quanto nei migliori elettrodinamometri da gabinetto, e dove inoltre le qualità meccaniche di un sicuro

funzionamento e di una grande solidità in tutte le parti sono pure ottenute, a mio avviso, in modo del tutto soddisfacente.

La disposizione meccanica, che presento, applicata particolarmente ad un kilowattometro, può adattarsi con uguale profitto ad un amperometro, un voltometro od altro apparecchio. Essa traduce meccanicamente in modo automatico la manovra che l'operatore eseguisce per effettuare una misura con l'elettrodinamometro a torsione.

In questo modello si hanno due avvolgimenti, l'uno fisso e l'altro mobile, girevole attorno ad un asse, in generale verticale.

L'azione elettrodinamica, che si esercita fra i due avvolgimenti quando sono attraversati da correnti, è controbilanciata dalla torsione di una molla a spirale, che si avvolge, girando a mano un bottone, cui fa capo, fino a ricondurre a zero, come si suol dire, l'avvolgimento mobile. Un indice solidale a quest'ultimo definisce la posizione dello zero; un altro, girevole con il bottone della molla, indica l'angolo di torsione cui è di conseguenza proporzionale l'azione elettrodinamica fra i circuiti.

Una tale manovra per eseguire una lettura non è sempre facile e possibile, così che l'impiego dello strumento è limitato. Questo non può infatti adoperarsi quando la corrente od il carico da misurarsi fossero alquanto oscillanti, perchè sarebbe impossibile seguire con la manovra a mano lo spostamento dell'equipaggio mobile, nè è prudente eseguire la detta manovra quando lo strumento fosse inserito in un circuito ad alta tensione. Questi fatti escludono l'impiego di un ottimo apparecchio in misure in cui sovente si richiede molta precisione e per le quali quindi non si hanno altri modelli adatti.

Risultano manifesti i vantaggi di una disposizione meccanica che sostituisce l'operatore nell'impiego dell'elettrodinamometro.

In quella che ho studiato e che presento, la manovra della torsione della molla antagonista è eseguita da un motore elettrico alimentato da una sorgente, che, secondo i casi, è la linea su cui è inserito l'apparecchio, o una derivazione dal circuito della luce, od infine una batteria di pile, come nei modelli da trasportare. Questo motore è capace di ruotare sia a destra che a sinistra, ed in tali rotazioni è comandato dall'equipaggio, secondo che questo è sollecitato a spostarsi da una parte o dall'altra dello zero, sotto l'azione della corrente.

La figura 1 rappresenta schematicamente l'insieme delle parti di un kilowattometro registratore per correnti trifasi con carichi squilibrati; la figura 2 dà uno schema delle connessioni necessarie nel caso che il *relais* sia alimentato con la corrente di linea, adoperando un trasformatore per abbassarne la tensione.

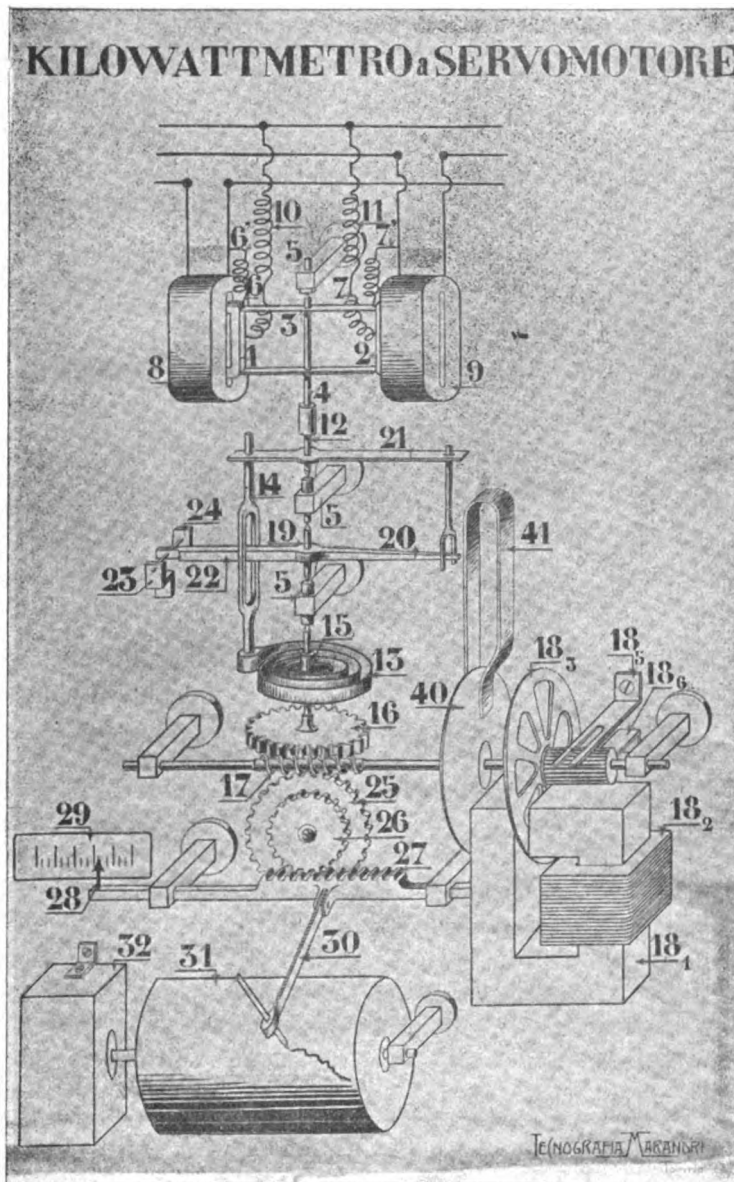



Fig. 1.

Nella figura 1, 1 e 2 rappresentano due spirali uguali, in derivazione sulla linea, alquanto distanti fra di loro, fatte di filo sottile iso-

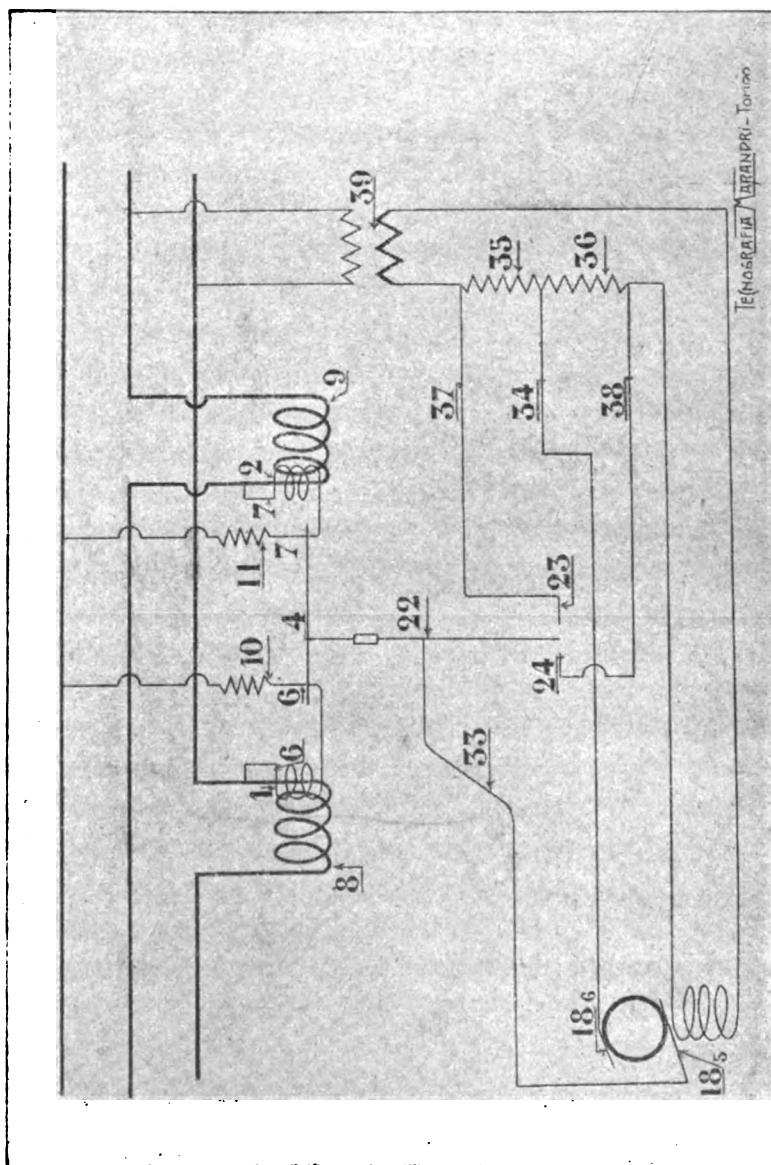



Fig. 2.

lato. Queste sono isolate fra di loro, ma rigidamente collegate a mezzo di un telaino 3, che le unisce all'alberello 4, posto in mezzo. Questo alberello è sostenuto da due sopportini, 5 e 5,, e può girare

su di essi insieme agli avvolgimenti 1 e 2, che col telaio 3 costituiscono l'equipaggio mobile. Le correnti derivate dalla linea entrano ed escono dalle bobine 1 e 2 a mezzo di due coppie di fili, 6, 6', 7, 7', flessibili, che permettono un certo spostamento dell'equipaggio. Gli avvolgimenti 1 e 2 sono per metà compresi da due avvolgimenti, 8 e 9, in serie, sulla linea, formati di conduttori di sezione proporzionale all'entità della corrente che devono portare.

Le connessioni nel caso di un circuito trifase sono indicate nella figura 2; le spirali 1 e 2 sono in derivazione fra due conduttori della linea ed il terzo, mentre le spirali 8 e 9 sono disposte in serie sui due primi circuiti. Due resistenze, 10 e 11, non induttive e di materiale avente piccolissimo coefficiente di temperatura, servono a modificare la corrente derivata attraverso le spirali 1 e 2 e ad eliminare gli effetti della reattanza e del coefficiente di temperatura.

L'alberello 4, e con esso l'equipaggio, può essere fatto ruotare per mezzo di una molla-spirale 13, collegata per un estremo ad esso per mezzo di un'asta rigida 14, ed all'altro estremo ad un alberello 15, avente l'asse sul prolungamento dell'asse dell'alberello 4, che porta anche un ingranaggio 16, che può essere fatto ruotare da una vite perpetua 17, mossa da un motorino elettrico 18. Un terzo alberello 19, coassiale con i precedenti e collegato all'alberello 4 per mezzo di una molla 20 e di un braccio 21, porta un'asta rigida 22, terminante in una lamina di platino. Questa lamina può oscillare fra due punte fisse, 23 e 24, pure di platino, poco distanti fra di loro, in modo che un contatto elettrico può essere stabilito fra l'asta 22 ed una ovvero l'altra delle due punte 23 e 24. La vite perpetua 17 ingrana in un secondo ingranaggio 25, che, a sua volta, per mezzo di un'altra ruota dentata 26, fa muovere una dentiera 27, come dimostra la figura 1. Questa dentiera porta un indice 28, che dà indicazioni su di una scala graduata 29, ed una penna o lapis 30, che traccia le indicazioni su di un pezzo di carta ruotante con un tamburo 31, mosso da un movimento di orologieria 32.

All'asta 22, per mezzo di un filo flessibile 33 (V. fig. 2), è collegata elettricamente una spazzola del motore, 18_5, mentre l'altra, 18_6, mediante il conduttore 34, comunica con il punto di unione delle resistenze 35 e 36. La punta di contatto 23 comunica, mediante il conduttore 37, con l'altro estremo della resistenza 35; la punta 24, mediante il conduttore 38, con quella della resistenza 36.

Le due resistenze 35 e 36 sono percorse da una corrente, così che i loro estremi hanno polarità opposte rispetto al punto di unione; a seconda che l'asta 22 viene a contatto colla punta 23 o 24, nell'ar-

matura del motorino viene immessa una corrente in un verso o nel verso opposto. Il motorino è di tale natura che coll'invertirsi della corrente nell'armatura s'inverte la rotazione di quest'ultimo, onde, a seconda che l'asta 22 viene a contatto colla punta 23 ovvero colla 24, il motore ruota in un senso o nel senso opposto, e per ciò, per mezzo della vite perpetua 17 e dell'ingranaggio 16, la molla 13 è tesa o rilasciata. Quando l'asta 22 trovasi in posizione intermedia fra le punte 23 e 24, non passa corrente nell'armatura ed il motore è in riposo.

Supponiamo che la linea, su cui è inserito lo strumento, sia percorsa da corrente, tra gli avvolgimenti 1 e 8 e quelli 2 e 9 si sviluppano azioni elettrodinamiche nello stesso verso che tendono a fare ruotare l'equipaggio attorno all'asse con una forza proporzionale alla energia totale del circuito trifase. Perchè ciò sia esatto è necessario che le connessioni siano fatte in modo che le due azioni elettrodinamiche si esercitino nello stesso verso, e che le spirali 8 e 9, come quelle 1 e 2, siano abbastanza lontane fra di loro, così che l'azione della spirale 8 sulla 2 e quella della 9 sulla 1 siano trascurabili.

Questa rotazione, per quanto non grande dell'equipaggio, viene, per mezzo dell'alberello 4, dell'asta 21, della molla 20, trasmessa all'asta 22, che viene a contatto con una o con l'altra delle due punte 23 o 24; per esempio colla punta 23. Allora il motore si mette a ruotare, facendo ruotare, per mezzo della vite perpetua 17, anche l'ingranaggio 16, e perciò anche l'estremo della molla 13. Le connessioni sono fatte in modo che tale rotazione della molla è tale da tendere a far girare l'equipaggio in senso inverso a quello dovuto all'azione della corrente. Quando la torsione della molla 13 avrà equilibrata l'azione della corrente, l'equipaggio e perciò anche l'asta 22 verranno ricondotti nella posizione primitiva, ed il motore, mancando il contatto tra l'asta 22 e la punta 23, si arresterà. L'estremo della molla 13, epperciò anche l'equipaggio 16, avrà ruotato di un angolo proporzionale all'energia della corrente; così pure la dentiera 27 si sarà spostata di una lunghezza proporzionale a questa energia. Se le azioni elettrodinamiche fra le spirali subiscono una diminuzione, il motore girerà in senso inverso al precedente fino ad equilibrare di nuovo il nuovo valore delle azioni elettrodinamiche sull'equipaggio con un eguale valore dello sforzo di tensione della molla. Essendo che la molla ha un coefficiente di elasticità costante, la ripartizione delle divisioni sulla scala risulta uniforme. Questi sono i criteri sui quali riposa il funzionamento dell'apparecchio; peraltro è soltanto in grazia ai risultati specialmente favorevoli, ottenuti nello studio di due parti, che lo strumento si presenta realmente rispondente al suo scopo.

Voglio riferirmi al motorino elettrico ed alla disposizione che stabilisce il contatto con le punte 23 e 24 per l'inversione della marcia del motore.

Quest'ultimo deve seguire con le rotazioni dell'armatura le variazioni del carico che si manifestano nelle azioni elettrodinamiche fra gli avvolgimenti dell'apparecchio di misura.

Deve quindi, oltre che essere dotato d'inversione di marcia, avere un movimento pronto e rapido, senza peraltro possedere un'inerzia propria apprezzabile, per poter bruscamente entrare in rotazione, bruscamente fermarsi e tornare indietro. Inoltre, se si hanno presenti le condizioni pratiche in cui un tale strumento è inserito in circuito, si riconosce la necessità che il motorino possa funzionare con corrente alternativa. Il modello scelto può riguardarsi un motorino con armatura a disco e collettore: l'armatura ruota fra le espansioni polari di un elettromagnete. La sezione di questo è tale che sempre più di una matassa è sotto l'azione del campo, così che non si hanno punti morti. La corrente che alimenta il motorino attraversa l'avvolgimento induttore e due resistenze ohmiche in serie 35-36; l'armatura ha una spazzola che comunica con il punto di mezzo di queste resistenze, e l'altra spazzola è posta dall'equipaggio dello strumento in comunicazione con l'uno o l'altro estremo delle resistenze; in tal modo, pur rimanendo costante in direzione la corrente nell'induttore, varia di verso la corrente nell'armatura, e questa ruoterà quindi nei due sensi.

Essendo che il motore deve funzionare con corrente alternativa, occorre che l'armatura abbia una grande resistenza ohmica di fronte alla sua resistenza induttiva, affinchè la corrente che l'attraversa possa mantenersi in fase con il flusso induttore, e perchè l'armatura possa stazionare fra le branche dell'induttore senza scaldarsi per le correnti indotte, ed infine perchè sia ridotto inapprezzabile lo scintillamento al collettore. Le matasse dell'armatura sono assicurate sopra un disco di alluminio, convenientemente sezionato per evitare le correnti indotte. Tali condizioni sono soddisfatte nel modello che è applicato allo strumento. La tensione alle spazzole è di $8 \div 10$ volts; la corrente nella armatura di 0,3 amp. Il collettore nelle condizioni esposte non è menomamente alterato, così che non deve riguardarsi come una parte debole e facilmente deteriorabile dello strumento.

Per quanto l'armatura sia ridotta di dimensioni ristrette ed il suo peso sia piccolo, pure la sua inerzia non è trascurabile, e per rendere gli effetti di questa inapprezzabili è applicato al motorino un freno a disco di Faraday.

Il disco è di alluminio. L'energia del motorino è molto superiore

a quella necessaria per il funzionamento dello strumento, cioè a dire per effettuare la torsione della molla, e trascinare un indice od una punta scrivente, ed è nella quasi totalità consumata con il freno; cosicchè mentre l'armatura è in rotazione sono in opposizione la coppia torcente del motore, e quella del freno, e di fronte a queste, che sono grandi, è trascurabile l'inerzia dell'armatura. Ne risulta che appena cessa l'azione del motore il freno ferma l'armatura, la quale non compie per propria inerzia che una frazione di giro, per ruotare immediatamente nel verso opposto se l'azione nel motore è invertita.

Un altro scopo del freno è quello di evitare un'oscillazione pendolare continua del motorino attorno alla sua posizione di riposo in corrispondenza di un valore del carico, oscillazione che inevitabilmente assumerebbe qualora interrompendosi la corrente nell'armatura in un senso, per inerzia del motore si stabilisse il circuito per la corrente nel verso opposto.

L'altro particolare che credo di menzionare riguarda, come ho detto, l'asta che stabilisce i contatti per determinare la rotazione dell'armatura in un senso o nell'altro.

Quando l'istrumento è inserito su di un circuito alimentato con corrente alternativa, l'azione elettrodinamica fra gli avvolgimenti essendo pulsante, l'equipaggio pure essendo sollecitato da un'azione risultante di valore definito, ed in un verso definito, essendo sotto l'azione di una forza antagonista costante, come la torsione di una molla, assume vibrazioni brevissime e di frequenza doppia di quella della corrente. Se all'alberello dell'equipaggio fosse direttamente assicurata l'asta 22, che stabilisce il contatto con le punte 23 e 24, questo contatto risulterebbe, anzichè continuo, una serie di interruzioni rapidissime, tanto che non si potrebbe stabilire un passaggio definito della corrente e quindi una rotazione definita dell'armatura. Questo fatto si accentua tanto maggiormente quando la pressione fra l'asta e la punta è piccola, come verificasi in prossimità della posizione dello zero.

Come conseguenza di questo fatto si ha che il motore non segue regolarmente con le rotazioni della sua armatura le variazioni di carico controbilanciando l'azione dell'equipaggio, ma rimane pigro ed incerto.

Un mezzo che ho esperimentato per diminuire queste vibrazioni, consiste nell'aumentare molto l'inerzia dell'equipaggio; in tal modo la reazione d'inerzia essendo grande di fronte alle forze d'impulsione, le vibrazioni sono considerevolmente diminuite, e possono attenuarsi fino al grado voluto aumentando l'inerzia in proporzione.

Questa disposizione però, comunque praticata, aumenta il peso del-

l'equipaggio a tal punto da rendere apprezzabili le resistenze d'attrito e poco sicura la stabilità dei sopporti che, per essere eseguiti con punte su pietre, hanno sempre resistenza limitata. La disposizione che è applicata negli strumenti è rappresentata dall'alberello 19 coassiale con l'alberello 4 dell'equipaggio. Su questo alberello è fissata l'asta 22 per il contatto, e la molla diritta 20 che è impegnata fra le punte della forcella portata dall'asta 21. Le vibrazioni dell'equipaggio sono trasmesse mediante l'asta 21, e la forcella alla punta della molla 20, inflettendo quest'ultima per un'ampiezza uguale a quella delle vibrazioni. La molla trasmetterà degli sforzi vibratori all'alberello 19 ed all'asta 22, che saranno a parità di ampiezza di vibrazione tanto minori quanto minore è il coefficiente di elasticità della molla. Questa disposizione offre dunque il mezzo di ridurre sull'alberello 19 le vibrazioni a quel valore voluto, e piccolo, di fronte al quale la reazione d'inerzia dell'asta 22 è così grande da permettere un contatto continuo e tranquillo come se lo strumento fosse inserito su di un circuito con corrente continua.

I risultati ottenuti con questa disposizione sono perfetti, ed assicurano un funzionamento sicuro e preciso allo strumento, sì da rendere quest'ultimo sensibile anche alle più piccole variazioni di carico.

Le parti dello strumento sono praticamente fissate su di una lastra di marmo, la quale offre quindi un'assoluta rigidità in tutti i sopporti, mantenendo una perfetta registrazione in tutte le parti. Per ragioni d'isolamento, quando la tensione supera i 500 volts, gli avvolgimenti del wattometro sono assicurati ad una piccola lastra in marmo indipendente ed isolata dal fondo principale pure in marmo.

Questo si vede chiaramente nella fig. 3, la quale rappresenta uno strumento completo, meno la scala graduata, ancora fuori della custodia.

I particolari delle spirali in derivazione del telaino che le congiunge e le assicura all'alberello del wattometro, emergono più chiaramente sulla fig. 4, in cui si osserva un wattometro trifase con avvolgimenti per 1000 amp.; essendo che negli avvolgimenti amperometrici si richiedono d'ordinario 1000 amp.-giri, l'avvolgimento è ridotto ad un fascio di quattro lamine con una sola piegatura.

Nella fig. 5 si osservano i particolari del gruppo d'ingranaggi mossi dal motore, della dentiera che trasporta la penna e l'indice. La dentiera forma un carrello a quattro ruote, scorrevole su rotaie di bronzo. Nella fig. 5 come nella fig. 3 si osserva la disposizione praticata per lo svolgimento della carta. Questa è in rotoli, per una lunghezza di circa 40 metri, ed è svolta regolarmente da un sistema di orologieria. Due rulli mantengono la carta adagiata contro un piano.

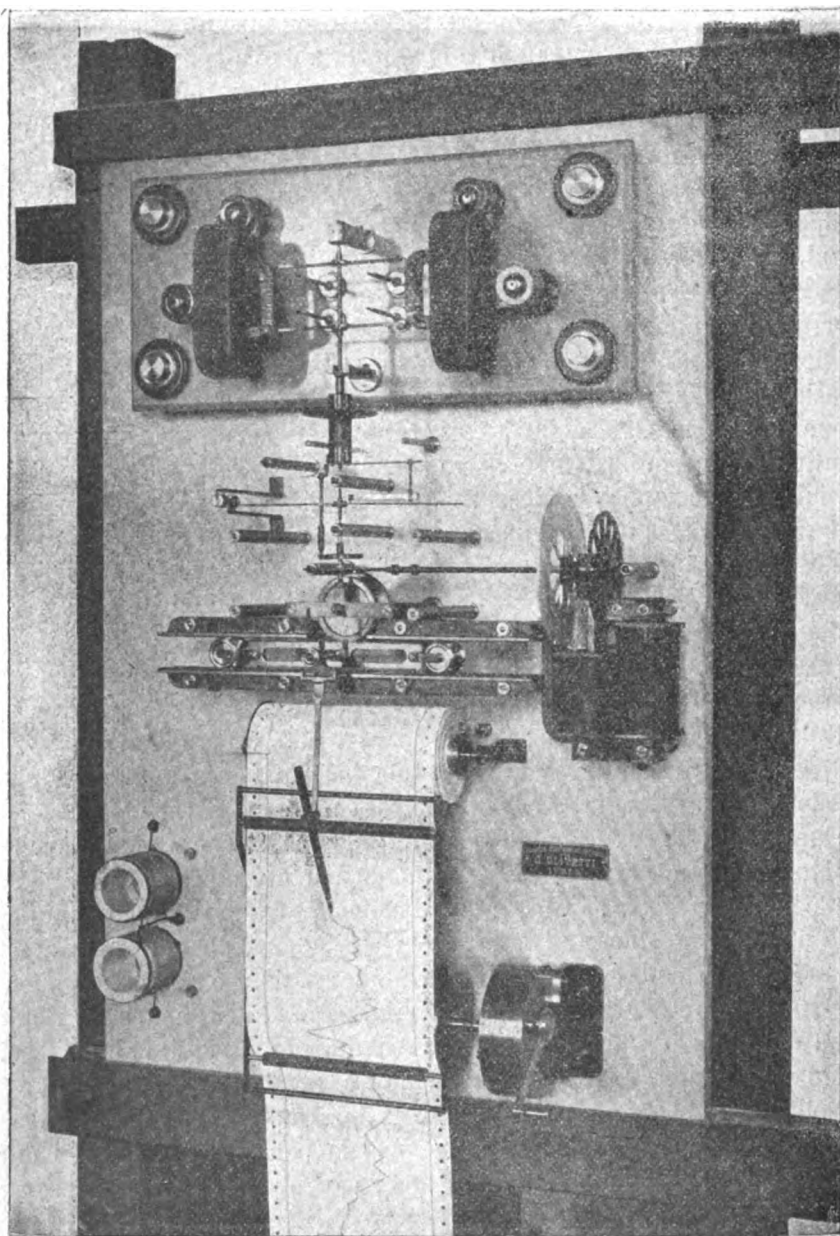



Fig. 3.

La fig. 6 rappresenta isolatamente il motorino con il suo freno con magnete permanente e disco di alluminio.

Fig. 4.

Nella fig. 7 si ha l'insieme dello strumento nella sua custodia, divisa d'ordinario in due compartimenti con tramezzo interno per separare le parti ad alta tensione, da quelle che devono necessariamente essere toccate per il ricambio della carta od altro.

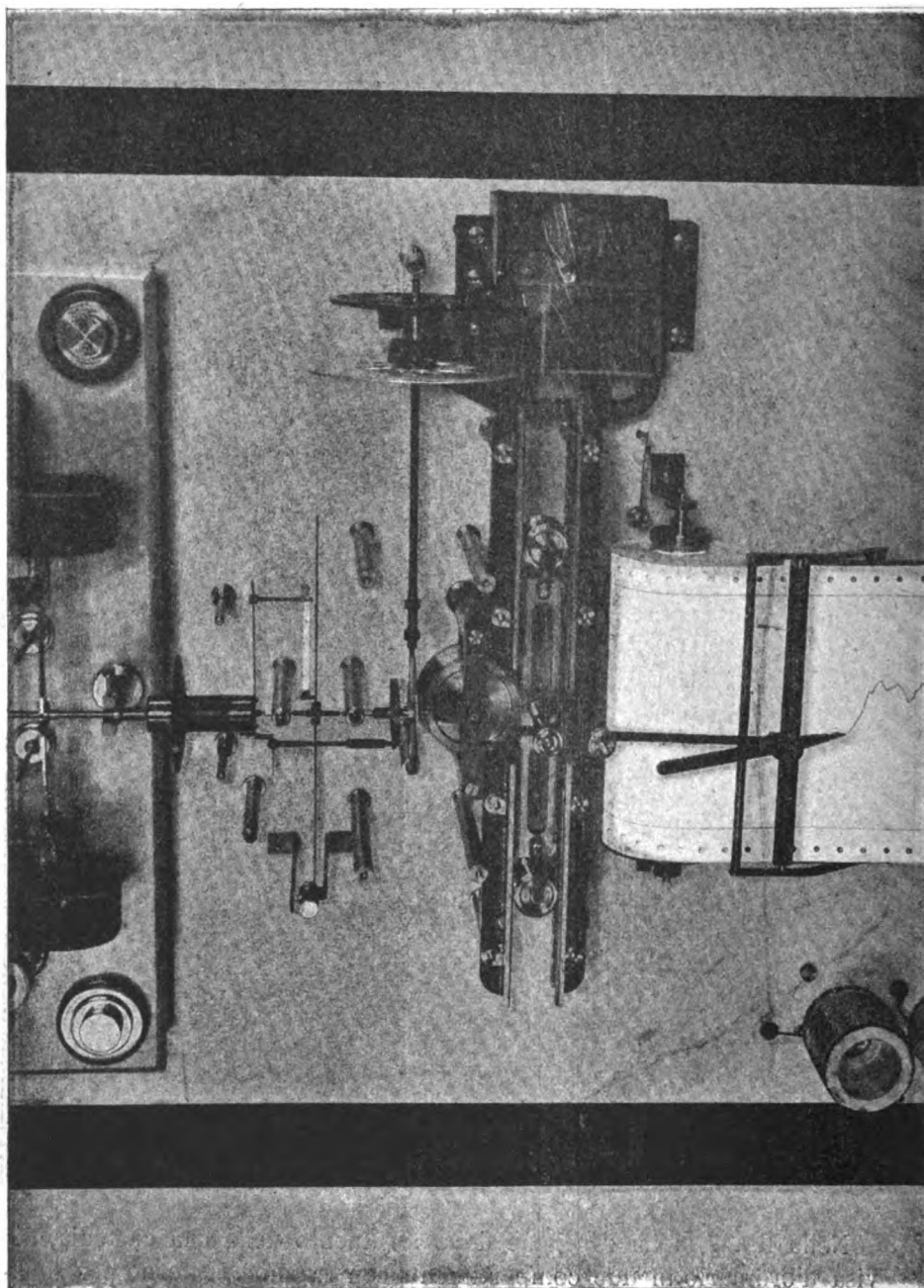



Fig. 5.

In questo modello, essendo che lo spostamento angolare dell'equipaggio è piccolissimo, è possibile dare agli avvolgimenti una forma conveniente per ottenere una coppia grande anche con consumo molto limitato di energia. Nei modelli soliti di registratori la coppia di rota-

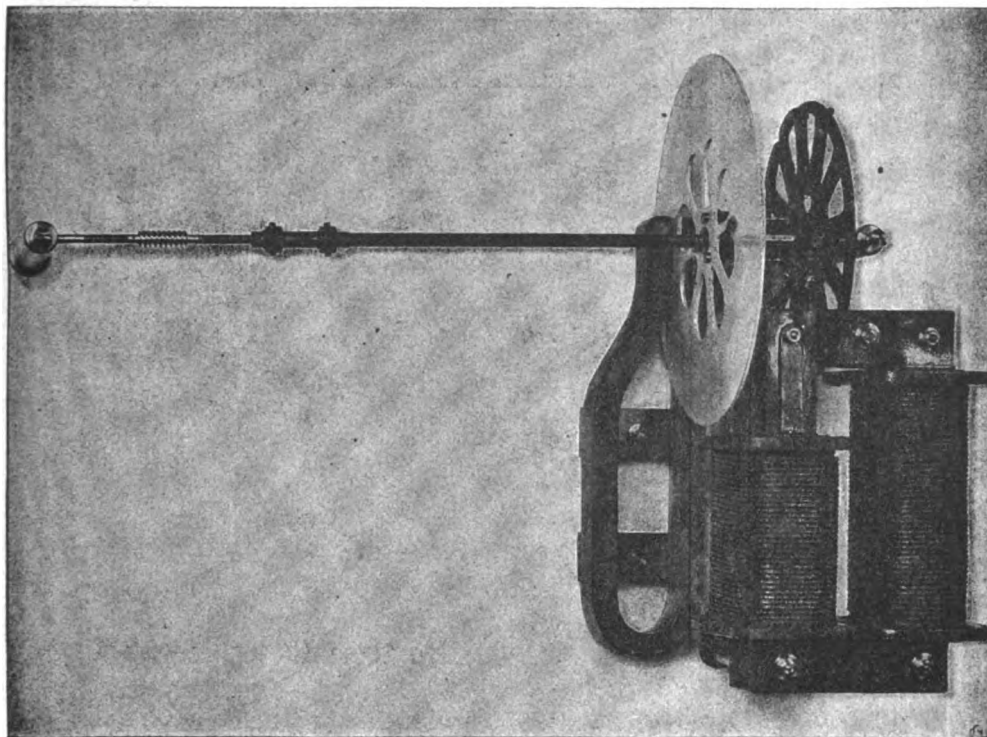



Fig. 6

zione che sollecita l'equipaggio in corrispondenza dell'indicazione massima è in media di 35 grammi-centimetri. In corrispondenza si ha un consumo di 8 o 10 watt in ogni avvolgimento amperometrico. La corrente derivata della linea e che attraversa gli avvolgimenti voltometrici è sempre in media di 0,03 amp.; cosi se la tensione di linea è di 3000 volts ad esempio, ogni avvolgimento voltometrico consuma 90 watt. La corrente derivata quando la tensione è molto grande può essere ridotta a 0,02 amp. Questo fatto rende facilissima la costruzione delle resistenze addizionali, nelle quali rimane soltanto la questione dell'isolamento, essendo che il calore da smaltire è in quantità insignificante.

Queste circostanze permettono l'inserzione dello strumento ad una tensione elevatissima, senza l'intermediario di trasformatori, come può essere conveniente di fare con un apparecchio di controllo.

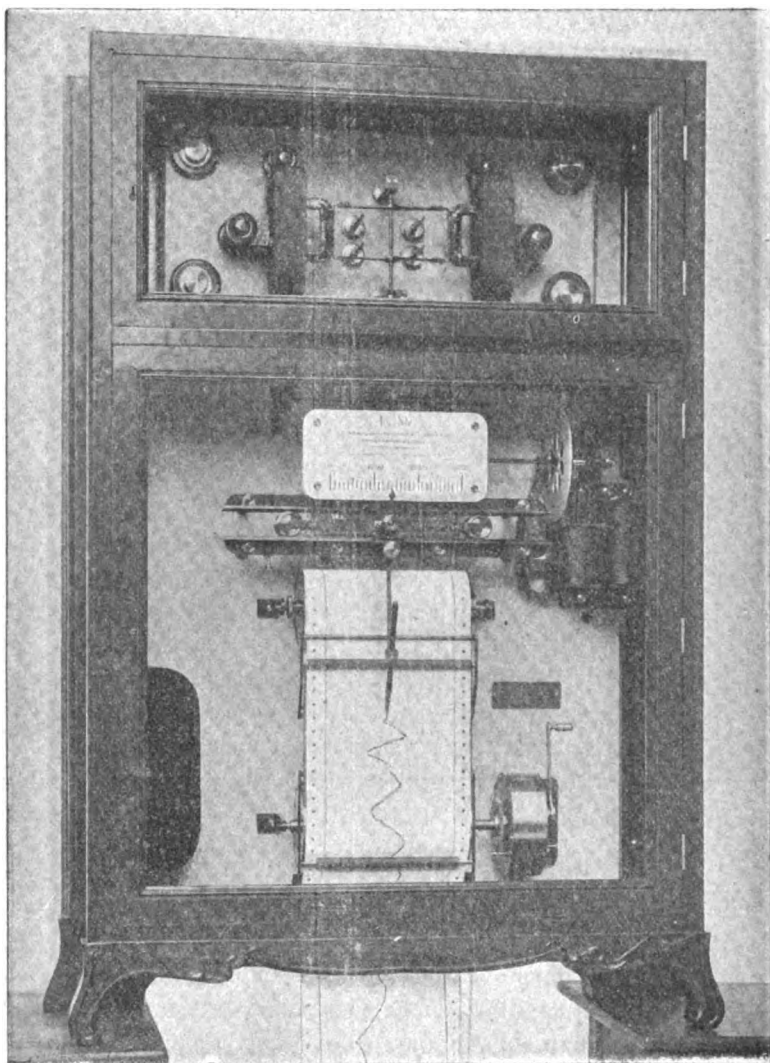



Fig. 7.

Tanto la frequenza della corrente alternativa, come la forma della curva, hanno naturalmente in questo modello nessuna influenza.

Il *relais* consuma in media 30 watt, ed a seconda della tensione

della linea che lo alimenta, è inserito direttamente oppure con trasformatore, le cui dimensioni sono molto limitate.

La carta è continua per una lunghezza di circa 40 metri; e si sposta

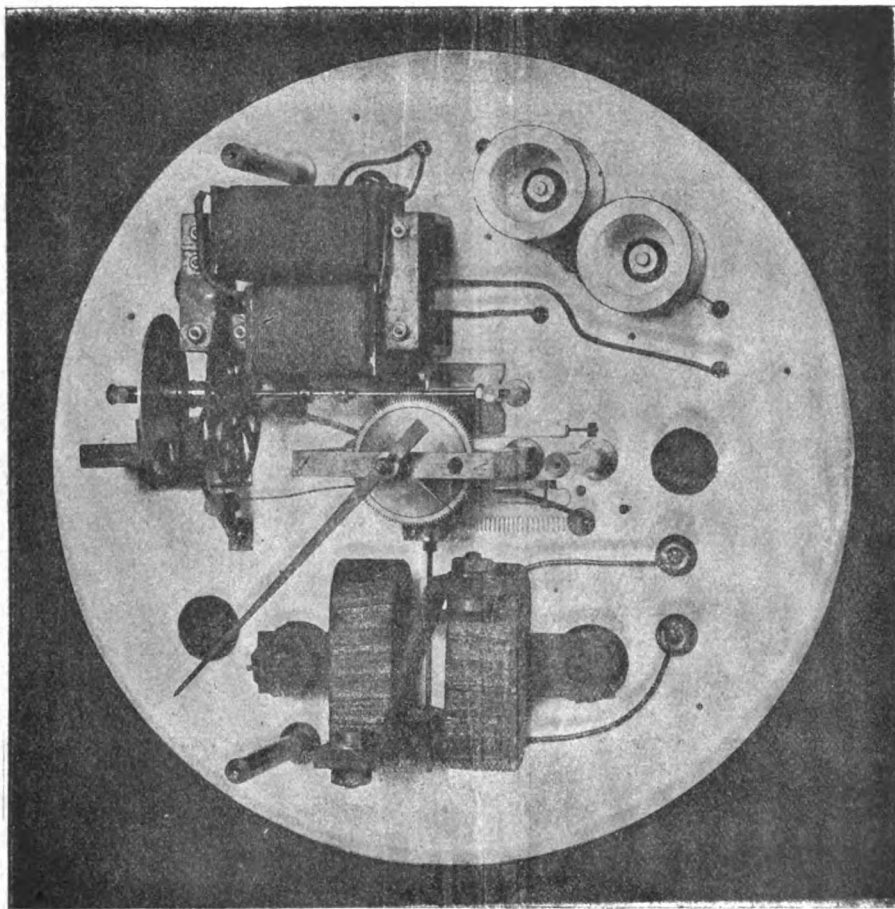



Fig. 8.

con velocità che possono raggiungere anche 150 mm. all'ora; velocità così grandi possono tornare utili nell'esame delle condizioni molto variabili del carico di un circuito.

Il modello cui mi sono riferito nella descrizione, permette di misurare la somma delle azioni elettrodinamiche corrispondenti a due coppie wattometriche. Essendo eseguita l'inserzione in circuito delle medesime, come è stato esposto, l'apparecchio si presta alla misura della

energia totale di un sistema trifase; possono però le due coppie wattometriche essere inserite su due circuiti distinti, ed in tal caso si otterrebbe un'indicazione uguale alla somma delle quantità di energia nei due circuiti. Gli avvolgimenti amperometrici possono disporsi in serie od in parallelo, ed ugualmente si possono disporre in serie od in parallelo gli avvolgimenti voltometrici, ed in tal caso la stessa

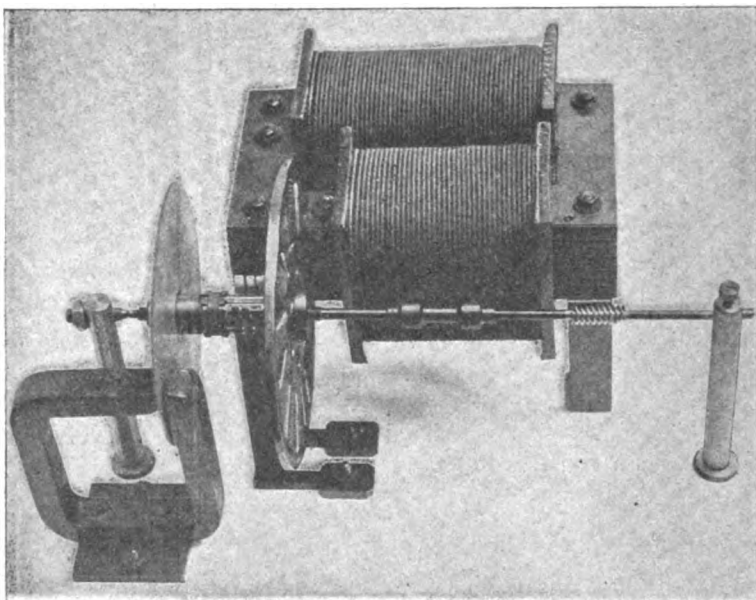



Fig. 9.

disposizione meccanica può adattarsi per un circuito monofase. È ovvio infine che con piccole varianti costruttive è possibile fare agire sull'alberello 4 dello strumento la somma delle azioni elettrodinamiche di un numero qualunque di coppie wattometriche; così adattarne tre, quattro od un numero maggiore come potrebbe richiedersi nel caso di distribuzioni a più fili.

La disposizione è stata anche studiata avendo di mira la costruzione di apparecchi soltanto indicatori, tanto per circuiti monofasi che trifasi; questi modelli hanno sempre diametri molto grandi, da m. 0,40 a m. 0,70, e presentano una graduazione regolare di un'ampiezza di 300°, come può convenirsi in un apparecchio per stazione.

La fig. 8 rappresenta l'insieme della disposizione di un wattometro indicatore monofase.

La fig. 9 rappresenta il motorino applicato in questi modelli.

Nella figura 10 si ha l'apparecchio chiuso, con la sua graduazione uniforme di 300°.

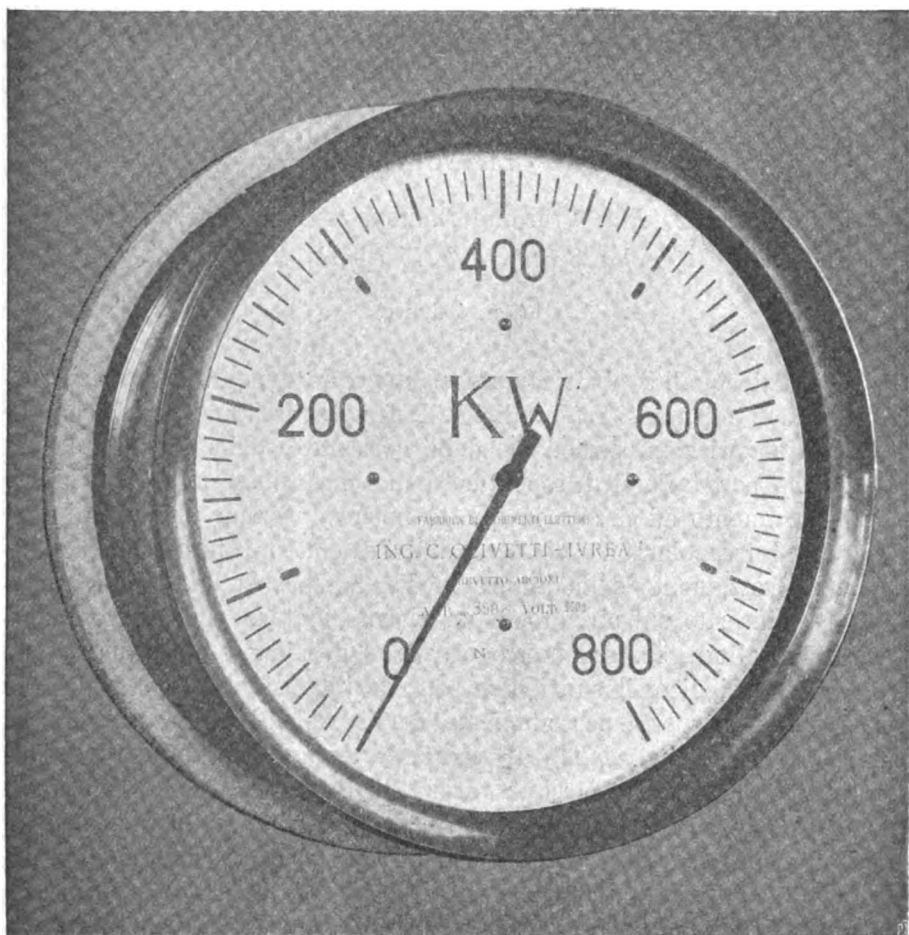



Fig. 10.

Le prove praticamente già eseguite a lungo e con cura su vari modelli hanno in ogni caso dato ottimi risultati, dimostrando in tal modo che l'insieme della disposizione, sia dal lato elettrico come da quello meccanico, offre la massima garanzia di un funzionamento sicuro e duraturo.

N. 15.

SOPRA UNO SMORZATORE A LIQUIDO

LETTURA

fatta dal Socio Ing. Vittorio Arcioni *alla Sezione di Milano nella Seduta del 15 aprile 1902*

(Con 4 figure)

Una delle qualità più ricercate ed apprezzate negli apparecchi industriali di misura è l'aperiodicità. È frequentissimo il caso che, in seguito a variazioni periodiche della corrente o della tensione da misurare, o per variazioni repentine delle medesime quantità, l'indice dello strumento adoperato in queste misure, assuma oscillazioni così ampie ed irregolari da rendere difficile, e talora impossibile, qualsiasi apprezzamento della lettura media. Se lo strumento è un amperometro inserito sul circuito di un piccolo motore con carico molto variabile, allora, se esso non è provvisto di alcuna disposizione che lo renda periodico, il suo indice sotto le impulsioni irregolari che lo sollecitano, si sposta per ampiezze corrispondenti a valori esagerati delle variazioni, impedendo di valutare, anche solo approssimativamente, l'entità delle medesime variazioni. Se le oscillazioni del carico sono piccole, ma periodiche, come accade sovente in motori, per un richiamo maggiore di corrente che si ripete periodicamente in corrispondenza a variazioni pure periodiche delle resistenze da vincere, allora può l'indice, sotto l'azione di queste impulsioni ripetute regolarmente, entrare in oscillazione, spostandosi per un'ampiezza così grande da rendere incomoda qualsiasi lettura.

Questi inconvenienti si verificano talvolta in tale misura, in accordo alle condizioni particolari del circuito su cui sono inseriti gli strumenti, che questi ultimi si dimostrano del tutto inutili.

È peraltro rimarchevole quanto poca cura si ponga di solito, nella scelta di uno strumento, nel ricercare che il medesimo sia aperiodico, e sovente si richiede un notevole grado di esattezza in uno strumento dove l'assenza di qualsiasi aperiodicità non permette di fare nemmeno le letture.

Negli apparecchi industriali da quadro l'aperiodicità e l'esattezza delle indicazioni hanno in generale la stessa importanza, e molto sovente la prima qualità deve tenersi in maggior conto della seconda. Un apparecchio nel quale il movimento dell'equipaggio fosse pronto e perfettamente aperiodico, indicherebbe in ogni istante l'esatto valore del carico, e seguirebbe con le sue indicazioni le variazioni di quest'ultimo, senza alterarne l'ampiezza con l'inerzia propria della parte mobile.

Uno strumento in tali condizioni in generale risponde alle esigenze di un apparecchio da quadro, peraltro è facile persuadersi che la condizione della perfetta aperiodicità non è sempre da sola sufficiente in un apparecchio industriale.

Quando le variazioni del carico sono molto frequenti e grandi, come può accadere in piccoli motori, accoppiati a macchine utensili, un apparecchio pronto e perfettamente aperiodico inserito in circuito indicherebbe troppo fedelmente gli sbalzi del carico, e l'indice avrebbe un continuo movimento irregolare. Per potere effettuare una lettura è necessario in tal caso stimare la media fra queste impulsioni variabili.

Molto comodo si presenterebbe l'apparecchio se in esso fossero già naturalmente attutiti gli effetti delle impulsioni repentine, alla stessa guisa che in una macchina rotativa le variazioni periodiche di velocità sono attutite dal volante. In queste condizioni, i movimenti irregolari repentini e continui, il cui apprezzamento non ha in pratica valore alcuno, salvo casi speciali, sono esclusi, e l'indice rimane tranquillo in corrispondenza al valore del carico medio. Queste condizioni sono raggiunte in misura perfetta nei misuratori termici, e fra questi in ispecie negli amperometri in cui si fa uso di un filo dilatabile di diametro maggiore di quello impiegato nei voltometri. In tali apparecchi le variazioni repentine del carico si traducono in variazioni repentine nella produzione del calore nella massa del filo; la temperatura media del filo, che è la quantità cui compete l'allungamento che si apprezza sulla graduazione, non segue però le dette variazioni, che molto lentamente, così che la causa elettrica non ha riscontro fedele nello spostamento meccanico.

Negli apparecchi termici, negli amperometri in ispecie, si può sopprimere qualunque disposizione che miri ad ottenere l'aperiodicità, a meno che per aumentare la prontezza dello strumento, si faccia uso di fili di diametro molto piccolo.

Negli altri apparecchi industriali di misura si cerca di ottenere l'aperiodicità, mediante artifizi diversi, applicati variamente secondo

il modello dello strumento. La disposizione più elegante e più efficace è quella del disco di Farady, praticato ordinariamente mediante un leggero disco o corona circolare di alluminio che si sposta fra le espansioni polari di un magnete permanente. Non tutti i modelli di strumenti permettono l'applicazione di un simile freno; vanno esclusi in generale i misuratori elettromagnetici e quelli che, quantunque adoperati con correnti alternative, devono essere tarati con corrente continua, come sono gli elettrodinamometri in generale, ed altri.

Vengono poi gli smorzatori ad aria, i quali possono applicarsi in ogni caso, giacchè non turbano in generale mai le condizioni elettriche dello strumento. Sono formati in sostanza da una paletta solidale all'equipaggio, che si sposta in una scatola chiusa. Gli smorzatori a liquido sono adoperati per apparecchi da laboratorio, ed in generale non sono trasportabili senza togliere il liquido. Tanto lo smorzatore a freno magnetico, quanto quello ad aria dànno buoni risultati, se bene applicati; la loro applicazione è peraltro limitata, richiedendo essi una lavorazione accurata e costosa.

Ne consegue che fra gli apparecchi industriali soltanto i più costosi sono di solito provvisti di spegnimento, mentre ne sono esenti i modelli più comuni, che rappresentano la quasi totalità degli strumenti applicati a piccoli motori, vale a dire nelle peggiori condizioni per riguardo alla variabilità del carico.

La disposizione che ho studiato e che presento applicata è una forma molto pratica ed economica di uno smorzatore a liquido.

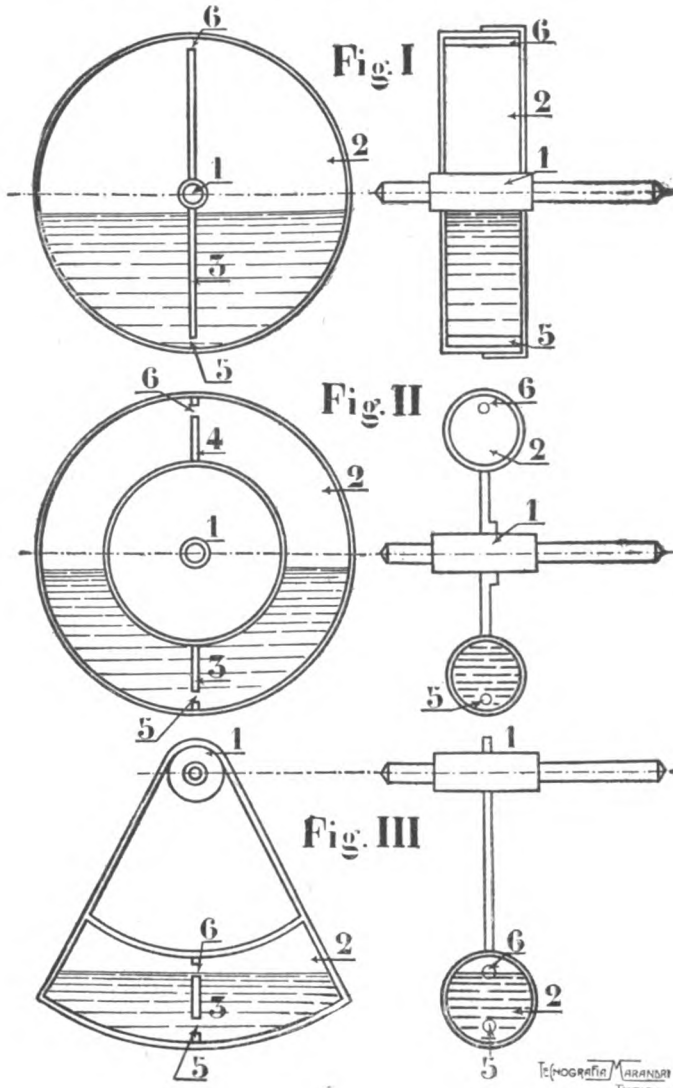
Nello studio della medesima ho avuto principalmente di mira, oltre che un buon risultato in rapporto all'azione frenante, anche una grande semplicità di costruzione, da permetterne l'applicazione nei modelli più modesti d'istrumenti industriali di misura; e ciò è quanto, stante l'esito dei risultati, è praticato dalla fabbrica Olivetti in Ivrea nei suoi modelli elettromagnetici.

La fig. 1 rappresenta una forma del mio smorzatore.

Sull'alberello 1 dell'equipaggio dello strumento è fissata una scatola circolare piatta 2; nell'interno della medesima si ha un tramezzo 3, disposto lungo un diametro, il quale lascia alla periferia della scatola due aperture 5 e 6.

Da un piccolo foro praticato contro la parete della scatola è intro dotto nell'interno un certo volume di liquido, e poscia il foro è chiuso ermeticamente.

La scatola è così orientata sull'alberello 1 dell'equipaggio che, per tutta l'ampiezza angolare dello spostamento di quest'ultimo, una parte del tramezzo 3 non esce mai fuori del livello del liquido; il volume

SMORZATORE a LIQUIDO
Fig. I
Fig. II
Fig. III
1
2
3
4
5
6

di quest'ultimo è tale da riempire per la metà circa la scatola. Se avviene una rotazione rapida dell'equipaggio e quindi dello spegnitore verso destra, il liquido che è a sinistra del tramezzo, non può prontamente passare attraverso l'apertura 5, così che sollevandosi in parte opporrà con il proprio peso un'azione contraria al movimento. Per altro ritornando il liquido gradatamente con il livello orizzontale, l'equipaggio non è ostacolato ad assumere qualsiasi posizione di riposo. Quest'azione è tanto più energica quanto maggiore è la velocità dell'impulso, come si conviene in uno smorzatore.

Grande importanza ha la scelta del liquido. Questo deve essere molto mobile e scorrevole, in tal modo assume rapidamente la sua posizione di riposo e l'apparecchio si presenta pronto nelle sue indicazioni; l'azione frenante si regola con la sezione delle aperture. Un liquido denso dà in generale uno spegnimento più efficace che un liquido meno denso; offre peraltro l'inconveniente di impiegare troppo tempo per scorrere lungo le pareti e porsi in riposo. Le dimensioni della scatola, il volume del liquido e la sezione del foro di passaggio devono determinarsi per ogni modello di istrumento particolarmente; essendo che l'azione di uno spegnitore è conseguenza, oltre che delle dimensioni della scatola e delle altre sue parti, anche del valore della coppia agente sull'equipaggio e dell'inerzia di quest'ultimo. Inoltre è in questi spegnitori possibile adattare l'azione frenante per grandi variazioni di carico, a preferenza che per le piccole o viceversa.

Una considerazione importante riguarda la tensione del vapore del liquido a diverse temperature. È ovvio che occorre un liquido che dentro i limiti delle temperature ordinarie abbia una tensione di vapore piccola, e che questa non assuma valori esagerati in rapporto alla solidità della scatola, a 50° o 60°; temperatura cui può per un certo tempo giungere l'apparecchio, quando per avventura fosse sovraccaricato.

Fra i liquidi ho riscontrato più adatto il toluene, il cui punto di ebollizione è di circa 115°. La precauzione inoltre di chiudere la scatola dopo l'introduzione del liquido, mantenendola ad una certa temperatura, dà assoluta garanzia che nessun inconveniente potrà verificarsi per un eccesso di pressione interna.

Dall'esame del funzionamento di questo smorzatore si deduce che la sua azione è tanto maggiore quanto più grande è il diametro della scatola, e che il volume del liquido che occupa la parte centrale ha, in proporzione al suo peso, effetto limitato. Queste considerazioni mi indussero a dare allo smorzatore la forma rappresentata nella fig. 2.

Secondo questa forma, la scatola si riduce ad un toro con l'asse

di rotazione coincidente con quello dell'equipaggio. Il tramezzo 3 della fig. 1 si trasforma in due piccoli tramezzi 3 e 4, disposti diametralmente, con due fori 5 e 6. Il liquido occupa la parte inferiore per circa metà volume. In questa disposizione è evidente che l'azione fre-

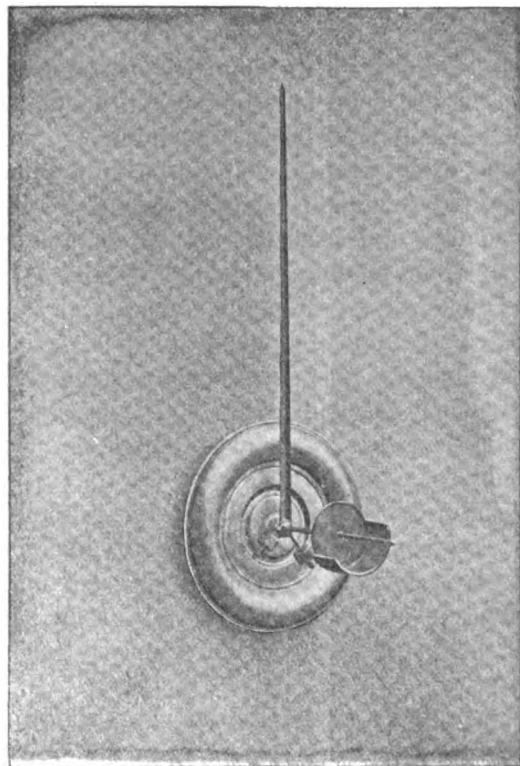



Fig. 4.

nante si ottiene anche con un solo tramezzo; se si conserva l'inferiore, il liquido è trasportato per la resistenza che incontra attraverso il foro 5; se si conserva il superiore è trasportato per la resistenza che incontra l'aria attraverso il foro 6. Praticamente è più facile ottenere un'azione energica con il tramezzo inferiore, ma si oppongono entrambi i tramezzi per mantenere il sistema equilibrato rispetto al centro.

Quando lo spostamento angolare dell'equipaggio è piccolo, il toro può limitarsi ad un settore di ampiezza sufficiente, come è rappresentato dalla fig. 3.

Il tramezzo in questo caso ha due fori, ed il liquido non riempie la sezione della scatola.

La fig. 4 rappresenta uno smorzatore con scatola a forma di toro, applicato all'equipaggio di un apparecchio elettromagnetico.

Una condizione da soddisfare nella costruzione di questi smorzatori è la leggerezza, a fine di non gravare i perni a punta dell'equipaggio. Le scatole hanno d'ordinario un diametro di 40 mm., sono ottenute con stampo da lamiere dello spessore di 0,1 a 0,07, contengono circa cmc. 1,5 di liquido e pesano circa 2 grammi.

Questo modello di smorzatore non turba in nessun caso le condizioni elettriche dello strumento cui è applicato. Se posto in un campo magnetico alternativo non si scalda per le correnti indotte, essendo la lamiera scelta di un metallo di grande resistività. Inoltre non potrà mai presentare alcun inconveniente, e questo a grande differenza degli smorzatori a disco di Farady, come di quelli ad aria, in cui un granello di polvere qualsiasi che penetri nello strumento, è sufficiente ad arrestare l'indice. Questo in causa degli spazi ristretti che necessariamente si devono lasciare fra le parti mobili per mantenere grande l'effetto del freno.

Per ciò che riguarda l'efficacia, il mio spegnitore a liquido si dimostra in ogni caso molto energico ed adatto anche là dove gli sbalzi del carico sono maggiormente frequenti ed accentuati.

È inoltre rimarchevole la facilità con cui un tale spegnitore è adattato a qualsiasi modello, senza complicazioni di parti di lavorazione delicata e costosa.

Questo fatto è praticamente di somma importanza, per la possibile applicazione che si può fare in tutti i modelli, senza aumento apprezzabile di spesa.

N. 16.

IL PROBLEMA DELLA SINTONIA NELLA TELEGRAFIA SENZA FILI

CONFERENZA

dell'Ingegnere GINO CAMPOS

tenuta alla Sezione di Genova nella Seduta del 16 aprile 1902

(Con 20 figure).

I recenti e rapidi progressi della telegrafia senza fili hanno provato una volta di più, se pur era necessario, come dagli studi che sembrano interessare soltanto la scienza pura, possano avere origine le più utili e pratiche applicazioni; e come, specialmente nel ramo dell'elettricità, si possa bene spesso approfittare dei risultati della teoria per ottenere dei sicuri e notevolissimi perfezionamenti.

Sono pochi anni da che i primi esperimenti di Marconi hanno fatto uscire dal campo dei laboratori lo studio delle oscillazioni elettriche per dar luogo ad una geniale applicazione; e già le disposizioni e gli apparecchi allora adoperati sono divenuti di tipo antico e fuori d'uso, nè si avrebbe potuto con essi ottenere i mirabili risultati che c'inducono a credere alla realtà d'una trasmissione transoceanica.

Voi tutti, infatti, ricordate quale fosse nella sua forma originaria l'apparecchio Marconi. Al trasmettitore un rocchetto di Ruhmkorff azionato da una batteria di pile o di accumulatori la cui corrente, rapidamente interrotta da un Wehnelt o da un interruttore ordinario, viene comandata da un tasto telegrafico. Nel secondario è inserito un oscillatore a sfere nell'olio o a scintilla nell'aria, che per valori opportunamente scelti per le costanti del circuito, dà luogo ad una scarica oscillatoria, origine, com'è noto, di onde elettromagnetiche. Dei poli dell'oscillatore, l'uno è posto a terra, l'altro unito ad un filo metallico isolato, disposto verticalmente, che è l'*antenna*.

Al ricevitore abbiamo, per rivelare le onde elettriche, un coherer o radioconduttore, cioè, nella forma più usata, un tubetto contenente, fra due elettrodi, della limatura metallica; questa, che ordinariamente

presenta grandissima resistenza, diviene abbastanza conduttrice quando siasi raggiunta fra gli elettrodi una sufficiente differenza di potenziale, come accade per l'azione d'un'onda elettrica; e riprende lo stato primitivo dopo una leggera scossa data al tubetto.

Dei due elettrodi, l'uno è posto a terra, l'altro unito ad un'antenna, come per l'oscillatore; inoltre essi comunicano (per mezzo di due spirali fortemente induttive, destinate a limitare la sede del fenomeno oscillatorio) con una pila e col primario d'un sensibile *relais;* il secondario di questo comanda il circuito d'una batteria più potente, d'un apparecchio telegrafico ordinario e d'un martelletto destinato a battere sul coherer.

Si comprende senz'altro come avvenga la trasmissione e come ad ogni segnale lungo o corto dell'apparecchio eccitatore corrisponda nel ricevitore una serie lunga o corta di rapide chiusure nel secondario del *relais* e successivi battiti del martelletto; per conseguenza una serie lunga o corta di punti vicinissimi nella striscia del Morse, o (se questo è dotato di sufficiente inerzia) una linea o un punto.

Questa, in sostanza, la disposizione usata dapprima da Popoff, completata e resa pratica da Marconi coll'aggiunta dell'antenna trasmettente e da lui felicemente applicata alla telegrafia senza fili con un giudizioso studio intorno alle differenti parti dell'apparecchio.

Non mi tratterrò ad enumerare nè a discutere le differenti questioni interessantissime e per la maggior parte ancora insolute, intorno al modo con cui si effettua la trasmissione, intorno all'ufficio delle antenne e delle messe a terra, intorno al funzionamento del coherer e alle teorie relative, intorno alle leggi che regolano la distanza massima di trasmissione secondo l'altezza delle antenne.

Quel che mi preme subito notare è che questa primitiva disposizione portava seco numerosi e gravi inconvenienti.

Intanto non si potevano ottenere grandi distanze di trasmissione senza grandi altezze nelle antenne; e quando queste, per poche diecine di chilometri, raggiungono già i 30 e i 40 m. d'altezza, si vede prossimo un limite nelle distanze superabili in modo praticamente conveniente.

Inoltre l'elettricità atmosferica produceva frequenti perturbazioni nei segnali trasmessi, e ciò sempre più col crescere delle antenne.

Finalmente, e questo era l'inconveniente forse maggiore, qualunque apparecchio posto entro il raggio d'azione d'un trasmettitore, ne avvertiva la segnalazione; riusciva perciò impossibile disporre in vicinanza tra loro più di due stazioni contemporaneamente comunicanti, giacchè si avrebbero avuto reciproche perturbazioni, e riusciva pure

impossibile ottenere il segreto delle trasmissioni, circostanza in alcuni casi importantissima.

È bensì vero, come osservò Marconi, che una certa scelta tra i segnali si poteva ottenere se varie stazioni in vicinanza erano provviste di antenne di lunghezze molto differenti; ma questo metòdo non era pratico, nè risolveva la questione. Neppure la risolvono i moltissimi sistemi escogitati da inventori più o meno geniali, coll'uso di riflettori o di lenti per dirigere le onde elettriche, con l'uso di doppie antenne o di un doppio apparato trasmettente o con disposizioni meccaniche, alcune delle quali veramente ingegnose, ma troppo complicate e perciò poco pratiche.

La teoria ci indica però un metodo generale (tutto sta poi ad ottenerlo praticamente) per rimediare agl'inconvenienti segnalati: ed è di fare che le due stazioni corrispondenti siano in *accordo* o in *sintonia* fra loro, come si dice con linguaggio preso dall'acustica: cioè che la stazione trasmettente emetta onde d'una determinata lunghezza o frequenza e che la stazione ricevente possa avvertire soltanto le onde di quella particolare lunghezza.

I due sistemi, trasmettitore e ricevitore, debbono perciò costituire due risonatori aventi lo stesso periodo di vibrazione.

Non sarà inutile richiamare, a tale riguardo, alcuni concetti e principii fondamentali.

Dalle note formole relative ai circuiti percorsi da correnti alternate, o dalla costruzione grafica corrispondente, è facile ricavare come allorchè un circuito soddisfa alle due condizioni $4 \pi^2 n^2 L C = 1$ e $r = o$ (dove n è la frequenza, $L\, C\, r$ sono rispettivamente l'autoinduzione, la capacità e la resistenza), esso è tale che una volta prodotta in esso una corrente alternativa di frequenza n, questa tende a durare indefinitamente. Ciò si può ottenere, sia agendo sulla forza elettromotrice, sia sulla intensità di corrente. Anzi basta che l'impulso iniziale sia un solo anche piccolissimo e di brevissima durata (per esempio, una carica elettrica o una f. e. m. istantanea d'induzione) e che poi il sistema venga lasciato a sè stesso perchè si stabilisca (in dipendenza dalle costanti del circuito) il periodo delle oscillazioni. Un simile circuito dicesi un *risonatore;* esso è tale solo per correnti di una determinata frequenza, cioè di periodo $T = \frac{1}{n} = 2 \pi \sqrt{L C}$ e inversamente dati L e C, vi sarà sempre una frequenza per la quale il circuito sarà

un risonatore; ed è quella appunto che dopo una eccitazione iniziale si stabilisce nel circuito lasciato a sè.

La durata indefinita delle oscillazioni si spiega col fatto che non vi è consumo d'energia nel circuito, ma una sua continua periodica trasformazione da energia potenziale ad attuale; infatti l'intensità e la differenza di potenziale sono in quadratura, e per la stessa ragione non vi è consumo di energia per irradiamento all'esterno.

In pratica però è impossibile avere un perfetto risonatore, non potendosi soddisfare alla condizione $r = o$, cioè che sia nulla la resistenza del circuito; ne viene che non è neppure nulla l'energia consumata. Quindi, se non continuiamo a somministrarne mediante un lavoro esterno, l'energia del sistema andrà sempre scemando fino ad annullarsi, cioè le oscillazioni (sia della f. e. m., sia della intensità) andranno pure diminuendo d'ampiezza fino a ridursi a 0. In questo caso l'intensità e la differenza di potenziale non sono più in quadratura; il periodo è dato da $T = \dfrac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{1}{CL} - \dfrac{r^2}{4L^2}}}$.

L'equazione delle oscillazioni non è più:

$$v = V \operatorname{sen} 2\pi n t \quad , \quad i = I \operatorname{sen} (2\pi n t + 90^\circ) ,$$

ma diviene:

$$v = V e^{-knt} \operatorname{sen} 2\pi n t \quad , \quad i = I e^{-knt} \operatorname{sen} (2\pi n t + \alpha)$$

dove e è la base dei logaritmi naturali e l'angolo α è diverso da 90°.

I valori massimi successivi variano come i termini di una progressione geometrica la cui ragione è e^{-k}; e i valori di v e di i sono dati (seguendo il metodo ordinario di rappresentazione grafica) dalla proiezione su di una retta ox d'un raggio vettore OA, il cui estremo percorre, non già una circonferenza di circolo, ma una spirale logaritmica (fig. 1) di equazione in coordinate polari $OA = V_o e^{-knt}$. L'andamento della oscillazioni è come in fig. 2, dove la curva tangente nei punti di valori massimi è una curva logaritmica.

Alla quantità k si dà il nome di *decremento logaritmico*, essendo il logaritmo naturale del rapporto costante tra due elongazioni successive di egual segno; oscillazioni di questa natura diconsi *smorzate;* s'intende come esse possano esserlo più o meno fortemente, secondo che ci accostiamo meno o più alla condizione limite $r = o$. E infatti il decremento logaritmico d'un oscillatore supposto infinitamente lontano da ogni altro circuito, è dato da $\dfrac{r}{2nL}$. Di qui vediamo subito

come possa diminuirsi lo smorzamento di un risonatore, aumentandone l'autoinduzione; ma ciò produce, a parità delle altre costanti, un aumento nella lunghezza d'onda, e volendo tenere questa uguale, bisognerebbe diminuire proporzionalmente la capacità.

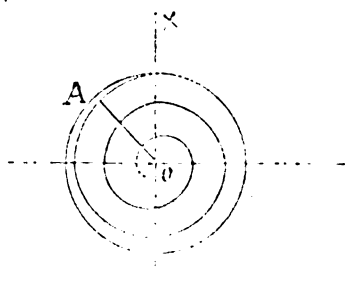
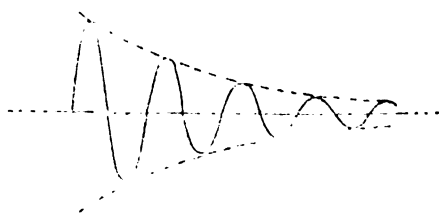



Fig. 1. Fig. 2.

Lo smorzamento delle oscillazioni può aver origine anche da altra causa oltrechè dalla resistenza del circuito: e cioè da una perdita di energia dovuta alla presenza d'un altro circuito il quale reagisca sul primo.

Infatti, per le note leggi dell'elettromagnetismo, le correnti in esso indotte produrranno delle variazioni di flusso tali da dar origine nel primo circuito a f. e. m. e intensità di correnti di senso contrario a quelle iniziali. Possiamo dire che parte dell'energia che originariamente apparteneva al primo circuito, ora appartiene al secondo: si ha cioè un'*irradiazione* di energia, retta dalla nota legge di Poynting.

Abbiamo visto come basti un unico impulso iniziale per dare origine ad una serie di oscillazioni in un risonatore. Supponiamo ora invece che gl'impulsi siano parecchi successivi, per esempio che siano prodotti da un risonatore primario su di uno secondario; chiameremo il primo un *eccitatore* o *oscillatore* o *radiatore*, e il secondo semplicemente un *risonatore*. Si comprende come, aggiungendosi le successive f. e. m. indotte dall'oscillatore a quelle dovute alla risonanza propria, se i due sistemi hanno lo stesso periodo di oscillazione gli effetti sul risonatore saranno molto rinforzati, o, ciò che è lo stesso, uguali effetti potranno avvertirsi, per esempio, a distanza molto maggiore. Tali effetti dipenderanno anche moltissimo, come è facile comprendere, dai rispettivi decrementi logaritmici, e ciò specialmente nel caso che i due periodi d'oscillazione non siano uguali. In questo caso infatti le oscillazioni nel risonatore sono la somma di due: le oscil-

lazioni *sforzate* o indotte, con periodo e smorzamento dell'oscillatore, e le oscillazioni *libere* o proprie, con periodo e smorzamento del risonatore; secondo la grandezza relativa dei decrementi logaritmici, prevale l'uno o l'altro dei due sistemi di oscillazioni e nel caso intermedio il sistema assumerà il periodo della serie predominante con delle perturbazioni dovute ai termini di periodo differente.

Le condizioni migliori per la trasmissione fra un oscillatore ed un risonatore si avranno:

1° Quando essi siano in *sintonia*, cioè abbiano lo stesso periodo di vibrazione;

2° Quando l'oscillatore costituisca un buon radiatore;

3° Quando in entrambi siano piccoli i *decrementi logaritmici.*

Si avrà così non soltanto una trasmissione a maggior distanza, ma anche la segretezza delle segnalazioni rispetto a tutti gli apparecchi non accordati per la particolare frequenza adoperata o una frequenza prossima, e la possibilità di più comunicazioni contemporanee, purchè si usino lunghezze d'onda abbastanza differenti.

Per ottenere la *sintonia* fra due circuiti, basta (come si deduce dalla formola ricordata) che sia uguale nei due il prodotto del coefficiente d'autoinduzione per la capacità.

Perchè l'oscillatore costituisca un buon radiatore, bisogna che sia grande la sua capacità (in modo da mettere in giuoco sufficiente quantità di energia), e che sia grande il suo decremento logaritmico.

Ora quest'ultima condizione esclude l'altra, che le oscillazioni si mantengano a lungo in entrambi i circuiti. Dimodochè converrà mantenere quest'ultima specialmente nel ricevitore, fare cioè di questo un risonatore molto-persistente, con grande coefficiente di autoinduzione; e quanto all'oscillatore, conservargli uno smorzamento abbastanza grande per avere una buona irradiazione, abbastanza piccolo d'altra parte perchè abbia un periodo proprio ben definito, cioè produca più oscillazioni; altrimenti un singolo impulso violento metterebbe in azione un risonatore qualsiasi.

A questo proposito osserveremo come al ricevitore converrà adoperare, specialmente per distanze moderate, un rivelatore di onde elettriche relativamente non troppo sensibile; per esempio, usando, come in telegrafia senza fili, un coherer, converrà che la sua tensione critica di coesione sia sufficientemente elevata; occorrerà così il concorso di più oscillazioni di periodo ben determinato e uguale a quello proprio dell'oscillatore perchè sia raggiunta fra gli elettrodi una differenza di potenziale atta a vincerne la resistenza; non sarà facile avere perciò segnalazioni provenienti da altra stazione differente o perturbazioni

dovute all'elettricità atmosferica o anche a vere scariche elettriche atmosferiche.

Con un aumento nella capacità e nell'autoinduzione degli apparecchi, giungiamo così a onde di lunghezza considerevole; queste, infatti, che già nei primi esperimenti di Marconi erano dell'ordine di un metro di lunghezza, sono poi in quelli di Slaby dell'ordine di parecchie centinaia di metri e forse ancor maggiore nelle più recenti prove di Marconi. E questo costituisce di per sè un vantaggio, giacchè permette, per diffrazione, il ripiegamento delle onde dietro ad ostacoli anche considerevoli, quali sono ondulazioni sensibili del terreno, vere colline, e quale è, per grandi distanze, la curvatura della terra.

*
* *

Ora che conosciamo quali siano le condizioni che si debbono sodisfare per ottenere una buona *sintonia*, vediamo come si sia cercato di realizzarle praticamente o almeno di migliorare le disposizioni primitive.

Questo infatti sembra piuttosto essere stato l'obbiettivo seguito dal prof. Slaby della Scuola militare di Charlottenburg, e di lui perciò parleremo dapprima. Per comprendere il suo sistema, osserveremo che il periodo di risonanza d'un conduttore rettilineo isolato e sottile è (fig. 3, I) quello corrispondente ad una lunghezza d'onda uguale all'incirca a due volte la sua lunghezza, come è facile dedurre considerando la riflessione delle onde alle sue estremità o sostituendo nella formola della frequenza i valori particolari di C e di L. Gli estremi sono ventri di vibrazione per la f. e. m. e nodi per l'intensità; la parte centrale invece è un nodo per la f. e. m. e un ventre per l'intensità.

Se consideriamo invece (fig. 3, II) un conduttore rettilineo con uno degli estremi posto a terra, questo suo estremo dovendo essere ad un potenziale costante, lo zero, sarà un nodo di vibrazione per il potenziale; questo conduttore si comporterà come una metà del conduttore prima considerato. Il suo estremo a terra sarà un ventre per l'intensità, quello opposto sarà un nodo per l'intensità e un ventre per il potenziale. La lunghezza d'onda corrispondente sarà uguale a quattro volte la lunghezza di tale conduttore.

Ora, nel sistema Marconi il coherer essendo situato, rispetto all'antenna, presso a terra, esso può sembrare (e sembrò ad alcuni) nel punto meno favorevole per svelarci le variazioni di potenziale. Questa osservazione però, che sarebbe esatta se il coherer, come all'incirca si ha nella disposizione del comandante francese Tissot, fosse posto in

derivazione sull'antenna, non sembra lo sia altrettanto colla disposizione usualmente adottata del coherer in serie. Infatti noi possiamo bensì assimilare l'antenna trasmettente ad un conduttore posto a terra,

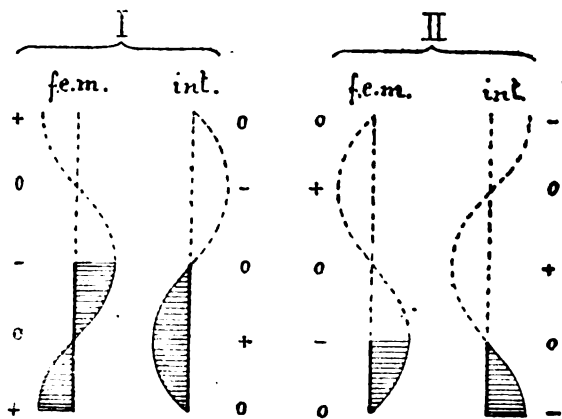



Fig. 3, I. Fig. 3, II.

perchè dobbiamo considerarne il funzionamento prima che sia superato l'isolamento del coherer: siamo cioè nel primo dei casi prima esaminati e non nel secondo. Per il trasmettitore la lunghezza d'onda sarà *quattro* volte quella dell'antenna, come infatti l'esame della scintilla allo specchio rotante ha potuto verificare; invece per il ricevitore tale lunghezza, trascurando la capacità del coherer, sarà uguale a *due* volte l'antenna.

Se ne deduce che, contrariamente a quanto si asserisce d'ordinario, le migliori condizioni cogli apparecchi Marconi primitivi non dovrebbero ottenersi allorchè le antenne hanno uguali altezze, giacchè si sarebbe in tal caso ben lontani da una anche grossolana sintonia. Interviene però favorevolmente la capacità considerevole del coherer (anche 1 microfaraday), che, come sappiamo, aumenta la lunghezza d'onda; dimodochè il periodo d'oscillazione del ricevitore può accostarsi di più a quello del vibratore. E ancor più favorevolmente interviene il fatto che il coherer è situato in un ventre di vibrazione per il potenziale, all'incirca cioè come se esso fosse collocato in cima all'antenna. Però se i segnali si ottengono, essi sono molto probabilmente dovuti non alle armoniche fondamentali dell'oscillatore, ma ad onde parassite, abbastanza deboli ed irregolari.

Certo si è che queste considerazioni suggeriscono subito un miglioramento nella disposizione del ricevitore, che è quello trovato da Slaby e noto sotto il nome di filo di *estensione*. Se noi mettiamo (fig. 4) l'antenna direttamente a terra, avremo una disposizione cor-

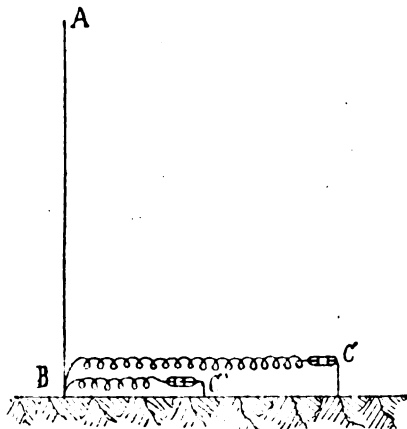



Fig. 4.

rispondente al caso relativo anche all'oscillatore, cioè A B sarà $^1/_4$ della lunghezza d'onda; e se dal punto a terra facciamo partire un filo B C di uguale lunghezza, all'estremo C le oscillazioni del potenziale hanno la stessa ampiezza che in A, la massima; e il sistema è in sintonia con un trasmettitore avente un'antenna di uguale altezza. Nel punto C Slaby colloca il coherer. Si ottiene così una maggior chiarezza e regolarità e l'indipendenza dalle influenze atmosferiche, le quali producono correnti che passano dall'antenna direttamente alla terra, e non essendo regolarmente periodiche nè tanto meno in sintonia, non agiscono sul coherer. Come antenna ricevitrice può anche adoperarsi un ordinario conduttore di parafulmine. La messa a terra in B può anche venir soppressa, non essendo necessaria come nel sistema Marconi, poichè qui il periodo è ben definito, ma però è utile contro le perturbazioni atmosferiche.

Con questo sistema si può avere anche la telegrafia *duplex*. Infatti, se dal punto B facciamo partire un filo d'estensione B C′ avente lunghezza differente dall'antenna, per esempio minore, il sistema A C′ costituisce un risonatore per differente lunghezza d'onda, cioè due volte A C′. Il punto B allora non è più un nodo, benchè sia a terra, ma il nodo si formerà a distanza maggiore o minore da esso.

Disponendo in C e C′ due coherer coi relativi ricevitori, potremo

comunicare simultaneamente con due distinte stazioni aventi periodi diversi di vibrazione, cioè antenne di differente altezza, se sono costituite da semplici fili. È quello che ottenne Slaby e che illustrò in una conferenza sperimentale, comunicando dalla centrale di Schiffbauerdamm contemporaneamente col Politecnico di Charlottenburg a 4 km. di distanza e coll'Officina dei cavi di Schöneweide, lontana 14 km.

Notiamo che i fili d'estensione B C, B C′ non occorre siano rettilinei, ma possono essere avvolti a rocchetto, cioè sotto forma molto pratica. Inoltre, invece di inserire il coherer fra C o C′ e la terra, si può usare una disposizione molto più conveniente.

Se noi immaginiamo l'antenna e il filo estensore costituiti da due conduttori riuniti all'estremo superiore (fig. 5), è evidente che le oscil-

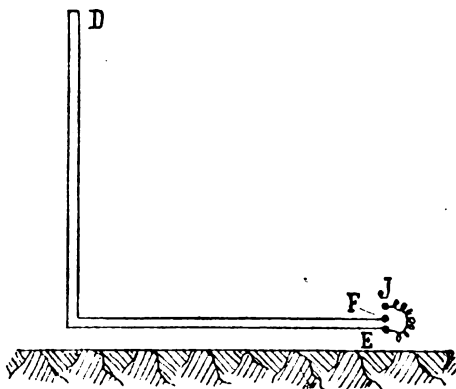



Fig. 5.

lazioni saranno corrispondenti nei due, e un micrometro inserito fra E ed F non darà alcuna scintilla. Ma se da E, per esempio, facciamo partire un conduttore, avvolto anche a rocchetto, lungo quanto D E, cioè mezza lunghezza d'onda, fra J ed F si avrà la stessa differenza di potenziale che fra il punto massimo E e il massimo opposto D, cioè doppia che fra F e la terra. Potrà perciò, a parità d'altre circostanze, essere di molto aumentata la distanza di trasmissione. Il filo o rocchetto E J fu detto da Slaby *moltiplicatore*. Non è neppur necessario, come osservò il conte D'Arco, collaboratore di Slaby, avere una doppia antenna e un doppio filo di estensione, giacchè il coherer evidentemente si può inserire fra E ed J con notevole semplificazione, restando così soppresso il tratto D F.

Questo ricevitore di Slaby, attualmente molto usato in Germania, e meritamente lodato, costituisce, da quanto abbiamo visto, un risona-

tore con periodo d'oscillazione ben definito e persistente per l'autoinduzione dei rocchetti adoperati.

Quanto all'oscillatore, Slaby ne aumentò l'efficacia (fig. 6) inserendo fra la scintilla e l'antenna un condensatore; egli inoltre carica l'apparecchio mediante una connessione all'estremo superiore dell'antenna, portandolo così al potenziale esplosivo. La sede delle oscillazioni è però limitata all'antenna (come già nell'apparecchio Marconi), mediante interposizione d'un rocchetto fortemente induttivo, il quale di più deve essere *fuori di tono* colla frequenza adoperata, per non entrare in risonanza. Causa l'aumentata capacità, l'antenna diviene così un potente radiatore; il suo periodo inoltre viene meglio definito mediante l'impiego di spirali di induzione, che si possono variare secondo la lunghezza d'onda da produrre. Questa, come è naturale e come si è accennato, è generalmente assai grande; nell'esperimento ricordato era di di 240 m. a Schöneweide e di 640 m. a Charlottenburg. Sembra però che più recentemente Slaby abbia abbandonato questo tipo di trasmettitore.

Una disposizione analoga a quella di Slaby è quella (fig. 7) adottata

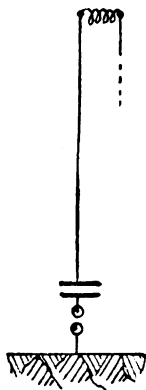
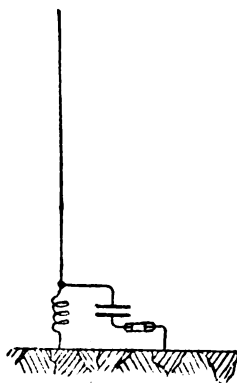



Fig. 6. Fig. 7.

dal comandante francese Tissot. Qui, come si è già accennato, il coherer è in derivazione rispetto alla presa a terra dell'antenna: però non è che apparentemente realizzato il caso sfavorevole esaminato in precedenza, giacchè abbiamo tra l'antenna e la terra una spirale fortemente induttiva che agisce in certo modo come una vera interruzione; le onde elettriche da essa vengono riflesse e il periodo è corrispondente al caso di un'antenna isolata. Per la medesima ragione è grande la f. e. m. ai poli del condensatore in derivazione e perciò ai

poli del coherer. Anche qui, come si comprende, la comunicazione diretta colla terra è molto efficace contro le perturbazioni atmosferiche; Tissot potè infatti ottenere buone segnalazioni durante temporali, cosa che colla primitiva disposizione Marconi sarebbe certamente impossibile.

***

Mentre gli eccitatori e ricevitori finora esaminati, e quelli che vedremo tra poco dovuti a Marconi, costituiscono dei circuiti aperti, nelle disposizioni adottate dal fisico inglese Lodge essi sono dei circuiti chiusi. O per meglio dire, mentre nei primi il flusso elettrico si chiude attraverso l'aria, nei secondi si chiude attraverso il dielettrico di un condensatore. Lodge infatti applicò alla telegrafia senza fili i fenomeni di risonanza elettrica da lui studiati e ottenuti mediante l'esperimento detto delle *bottiglie di Leida sintoniche.* Scaricando una bottiglia di Leida attraverso un arco metallico, si osserva che in un circuito simile posto in vicinanza e in sintonia col primo, si induce per risonanza una f. e. m. tale da dar origine pure a delle scariche, più deboli s'intende.

Un tale sistema costituisce un risuonatore molto persistente e perciò molto preciso; basta infatti spostare, anche leggermente, l'apposito scorritoio dalla posizione giusta in cui si ha la sintonia fra i due circuiti per togliere ogni accordo e quindi ogni fenomeno di risonanza. Abbiamo qui però un debole radiatore, poco atto per azionare a distanza. Possiamo aumentare la sensibilità del ricevitore; e questo fece Lodge usando un coherer semplicissimo, il contatto imperfetto di due sferette affacciate; e possiamo aumentare la capacità del sistema, cioè l'energia messa in giuoco, con l'aggiunta di un condensatore. Si ha così la disposizione in figura (8). Il campanello, azionato da una pila, serve per rompere coll'urto e col tremolio la coesione tra le sferette, non appena si è stabilita. All'eccitatore, la bottiglia di Leida può essere caricata da una macchina ad influenza.

Per esperimenti di telegrafia, alla bottiglia di Leida viene sostituito un condensatore di notevole capacità e il circuito diviene un grosso rocchetto orizzontale di uno o di più giri. La frequenza di oscillazione invece di essere dell'ordine di milioni al secondo, come per le bottiglie di Leida, diviene di 1000 o anche di 100 al secondo, come per le vibrazioni sonore. Quindi, invece di usare un micrometro a scintilla per rivelare la perturbazione, Lodge usa sia un coherer, sia un telefono in parallelo col condensatore del ricevitore. Inoltre, benchè un interruttore a scintilla costituisca un possibile eccitatore, egli im-

piega anche, invece, un alternatore, inviando la corrente a tratti lunghi o corti.

Con un simile eccitatore, Lodge potè inviare segnali a $2\ ^1/_2$ chilometri

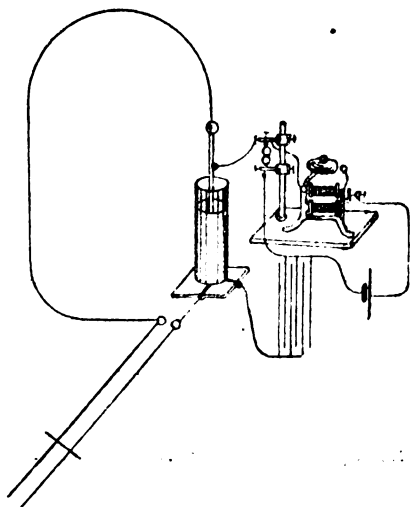



Fig. 8.

di distanza; e col suo ricevitore accordato per una frequenza relativamente bassa, era in grado di udire tutte le conversazioni che si facevano sulle linee telefoniche vicine. In entrambi i casi togliendo i condensatori, ogni comunicazione cessava, non essendovi più *sintonia*.

Lodge in una sua memoria espone la teoria di questa sua telegrafia per induzione magnetica nel caso di due grandi rocchetti orizzontali, usando correnti alternate e inserendo o no i condensatori; e ricava per entrambi i casi le formole che dànno la *conduttanza virtuale* del sistema, ossia il rapporto tra la f. e. m. secondaria e la primaria, cioè del ricevitore e dell'eccitatore. Egli mostra come se non si adoperano i condensatori è impossibile inviare segnali a grandi distanze senza fare uso di una enorme quantità di rame per i rocchetti e di una impossibile energia per l'eccitazione. Ma tostochè nell'apparecchio eccitatore e nel ricevitore si introducono i condensatori e si regolano fino a che i circuiti siano accordati per la particolare frequenza usata, le condizioni cambiano del tutto, la *conduttanza virtuale* sale rapidamente e diviene possibile segnalare a distanza. Per esempio, se la f. e. m. applicata al primario (o eccitatore) è di 100 v., la frequenza è di 400, la totale lunghezza dei circuiti è di 2 chilometri (1 per apparecchio), e il loro diametro è di 2 cm. (circa 5 tonn. di rame in

tutto), allora a distanza di 100 chilometri la massima corrente ricevuta è di 0.0064 micro-ampères, affatto insufficiente per essere avvertita co telefono; questo nel primo caso, cioè senza condensatori e senza sin tonia. Invece nel secondo caso, cioè coi condensatori e col circuito convenientemente accordato, la corrente sarebbe di 0,5 milliampères, che è una forte corrente telefonica.

Esperimenti fatti da Lodge, anche a distanza di 2 miglia, confermarono i risultati di simili calcoli. Egli studiò pure e indicò quali siano le dimensioni più opportune da assegnare ai rocchetti e ai fili per ottenere la risonanza.

Disposizioni in certo modo analoghe a queste di Lodge sono quelle del prof. Braun, tedesco, il quale pure usa circuiti chiusi comprendenti delle bottiglie di Leida, ottenendo colla maggior capacità, lunghezze d'onda considerevoli. Però Braun, secondo un concetto assai giusto e seguito pure, come vedremo, da Marconi, al circuito chiuso che costituisce, come sappiamo, un cattivo radiatore, unisce un'antenna che è un ottimo radiatore; viene perciò resa assai più efficace la trasmissione. Nelle figure 9 e 10 si vedono due tra le disposizioni

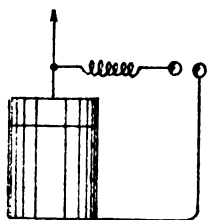
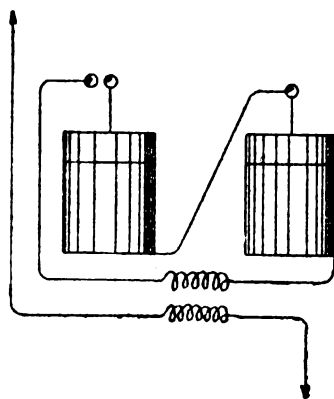



Fig. 9. Fig. 10.

di Braun, con una o più bottiglie di Leida; ed è specialmente notevole la seconda, in cui l'antenna è nel secondario di un trasformatore il cui primario comprende l'oscillatore; tale disposizione, che costituisce una novità rispetto a quelle esaminate, è affatto analoga al cosidetto *jigger* di Marconi, di cui avremo tra poco occasione di parlare.

Prima però osserviamo come anche Lodge abbia trovato opportuno di adottare, per avere maggiore efficacia, circuiti in tutto o in parte aperti.

Egli prese infatti, in collaborazione col dott. Muirhead, un gran numero di brevetti per disposizioni diverse, in cui però generalmente è caratteristica la grande induttanza, diretta ad ottenere la persistenza delle oscillazioni e la grande estensione delle superfici radianti, quest'ultima analogamente ad antiche disposizioni di Tesla e di Edison.

Tali superfici radianti prendono talora la forma di doppi coni situati accanto o sul prolungamento l'uno dell'altro (fig. 11), o di placche

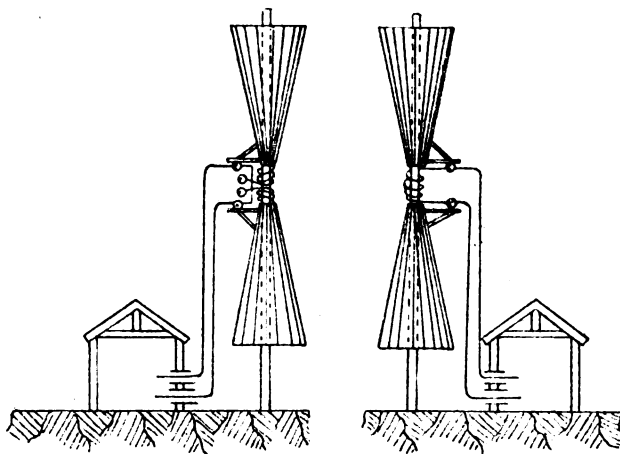



Fig. 11.

triangolari o di un tetto metallico isolato. All'oscillatore esse vengono caricate o direttamente oppure con scariche da sferette separate, secondo il noto tipo d'oscillatore dovuto a Righi. Tra l'una e l'altra superficie avviene la scarica oscillante; e la frequenza si regola mediante una spirale d'autoinduzione (fig. 12) inserita in questo tratto

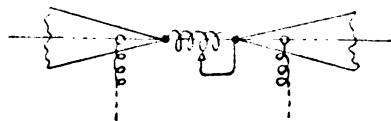



Fig. 12.

e che può essere o no immersa nell'olio. Per ottenere varie frequenze si possono avere più spirali introducendo l'una o l'altra nel circuito, oppure si possono introdurre con apposito commutatore più spire di

un solenoide, o infine con procedimento più delicato, si può variare l'autoinduzione variando con una vite il passo delle spire.

Al ricevitore si hanno pure le superfici collettrici e la spirale di autoinduzione, per avere sintonia coll'apparecchio radiante. Usando un coherer, questo può essere posto sia tra il mezzo della spirale e una delle superfici, sia in parallelo colla spirale (fig. 13), disposizione molto razionale, perchè mentre la spirale è un nodo per la f. e. m., i due elettrodi del coherer (come le due placche collettrici) sono due ventri, con valori istantanei di segno contrario. Altra posizione molto razionale per il coherer, come abbiamo visto nel sistema Braun e vedremo in

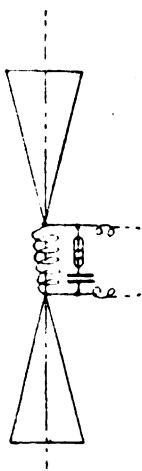
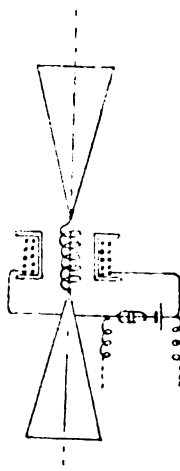



Fig. 13. Fig. 14.

quello Marconi, è (fig. 14) nel secondario di un trasformatore, il primario del quale è costituito dalla spirale d'autoinduzione.

Questa essendo un ventre per l'intensità, avremo in essa energiche variazioni nella corrente e perciò energiche oscillazioni della f. e. m. agli elettrodi del coherer.

Tra le numerose disposizioni di Lodge e Muirhead, riguardanti talune le comunicazioni con conduttori più o meno isolati, quelle esaminate sono le più importanti per ottenere la sintonia dei due sistemi.

Noterò come, sebbene finora non sia ben noto quali risultati pratici esse hanno dato, spetta pur sempre a Lodge il merito di essere stato primo e principale fautore del sistema sintonico, specialmente colle sue disposizioni a circuito chiuso.

*
* *

Ho parlato per primi dei sistemi sintonici di Slaby e di Lodge giacchè per primi essi vennero conosciuti. È però certo che anche anteriormente Marconi aveva ottenuto importanti risultati con disposizioni di sintonia che vennero tenute a lungo segrete fino a circa un anno fa, e che, successivamente perfezionate, sembra debbano preferirsi agli altri sistemi.

Senza entrare in questioni di priorità, osserveremo subito come la prima e più vantaggiosa disposizione sia stata quella del *jigger*.

Questo consiste, come già si è accennato, in un trasformatore o per meglio dire in un rocchetto a doppio avvolgimento, di cui il primario è collegato all'antenna e a terra, il secondario fa capo ai poli del coherer. Ad esso è di solito unito un condensatore, posto in derivazione (fig. 15) o in serie col coherer, o anche intercalato a metà del circuito secondario.

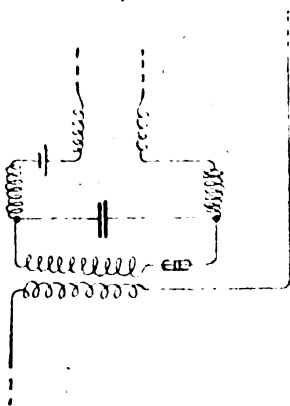



Fig. 15.

L'*jigger* è costituito usualmente da un tubetto di vetro o ebonite di pochi millimetri o al più qualche centimetro di diametro e di lunghezza, su cui è avvolto prima il circuito primario in uno o più strati in parallelo, poi il secondario diviso talora in parecchie sezioni, diversamente connesse in serie e in parallelo. Gli strati successivi d'ogni sezione comprendono un numero di spire sempre decrescente, cosicchè la sezione risulta all'incirca triangolare; non è ben nota la ragione di tali disposizioni, ma sembra che Marconi vi attribuisca grande importanza. I fili dei due avvolgimenti hanno spesso lo stesso diametro, dell'ordine di $^1/_{10}$ di millimetro.

I vantaggi che si hanno coll'impiego del *jigger* sono, come sappiamo, molteplici.

1° Causa la messa a terra diretta, le correnti indotte da perturbazioni atmosferiche trovano facile via per disperdersi;

2° Per la grande autoinduzione le oscillazioni sono molto persistenti ed è perciò ben definito il periodo di oscillazione; il quale con circuito rettilineo sarebbe di 4 volte l'altezza dell'antenna, ma per la presenza del primario del *jigger* e della capacità, viene molto aumentato;

3° Il trasformatore è collocato nel punto più favorevole, cioè in un massimo d'intensità e sono perciò energiche le variazioni di f. e. m. al secondario.

Coll'uso del *jigger* abbiamo nel ricevitore due circuiti, i quali oltrechè essere in sintonia coll'oscillatore debbono pure esserlo tra loro; a ciò è di solito destinato il condensatore, che si fa di capacità regolabile, per variare il periodo di risonanza. Quanto alla lunghezza del secondario del *jigger* esso deve essere colle disposizioni usualmente adottate, uguale all'incirca alla lunghezza delle due antenne. La possibilità di una buona sintonia con tali disposizioni, riuscì evidente fino dalle esperienze del 1899 in cui l'introduzione del *jigger* opportunamente accordato, portò la distanza di trasmissione da 11 chilometri a 96 e permise la comunicazione attraverso la Manica. L'uso del *jigger* non è ristretto al ricevitore; esso può adoperarsi, e si adopera infatti, anche al radiatore (fig. 16).

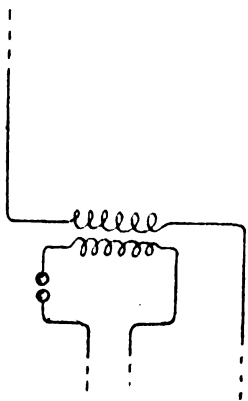
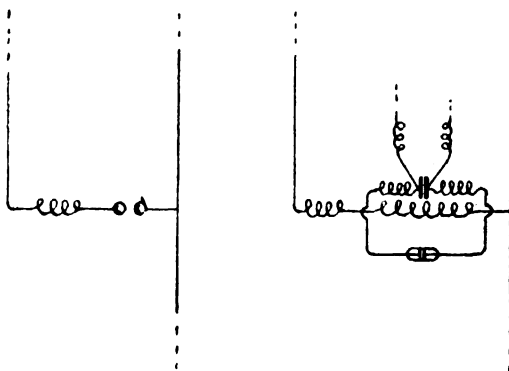



Fig. 16. Fig. 17.

Altra disposizione, provata con successo da Marconi, è quella di due antenne ad entrambe le stazioni (fig. 17); con ciò viene aumentata la capacità del sistema e la persistenza delle oscillazioni.

Una disposizione simile era già stata adottata da Braun, ma Marconi indicò l'uso di una autoinduzione fra i due fili. Essa infatti è consigliabile per far sì che punti corrispondenti delle due antenne non siano in concordanza, ma in opposizione di fase; e la ragione è quella che abbiamo visto riguardo alle disposizioni di Slaby, che ricordano molto questa.

Il desiderio di ottenere un risonatore ancora più capace e persistente, portò Marconi ad una felice modificazione del sistema a due antenne, le quali presero la forma di due cilindri concentrici (fig. 18). Anche

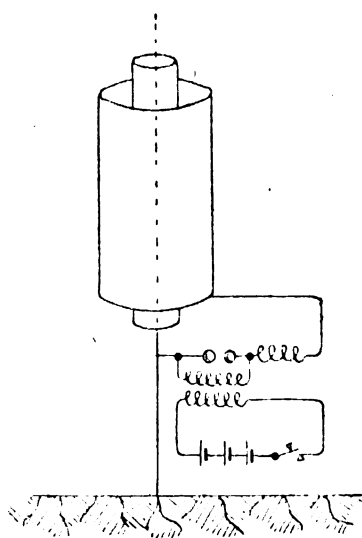



Fig. 18.

in questo caso è necessaria l'induttanza interposta, e Marconi consiglia d'inserirla nel tratto non connesso direttamente a terra. I risultati ottenuti con questo sistema sono stati rimarchevoli: usando cilindri di zinco alti solo 7 metri, si ottengono facilmente buoni segnali a 50 chilometri, e questi non sono disturbati da altre stazioni che lavorino in immediata vicinanza.

Le disposizioni a circuito chiuso di Lodge, colle scariche di bottiglie di Leida, furono pure, come già ho accennato, provate da Marconi; ma egli vi aggiunse, come Braun, un'antenna trasmettente (fig. 19), la quale aumenta lo smorzamento del sistema, che è un oscillatore troppo persistente, e ne fa un buon radiatore. L'antenna è situata nel

secondario di un trasformatore di autoinduzione regolabile; si ha così una disposizione simile a quelle note usate da Tesla. In questo caso, usando al ricevitore un *jigger*, sono quattro i circuiti che devono essere fra loro accordati; e cioè le due antenne con rispettive induttanze, il circuito dell'oscillatore e quello del coherer; apposite capacità e autoinduzioni permettono la regolazione, la quale si comprende che è quindi molto sensibile e precisa.

Anche questa disposizione ha dato ottimi risultati; con essa infatti fu possibile anche a Marconi ottenere la telegrafia *duplex* (fig. 20),

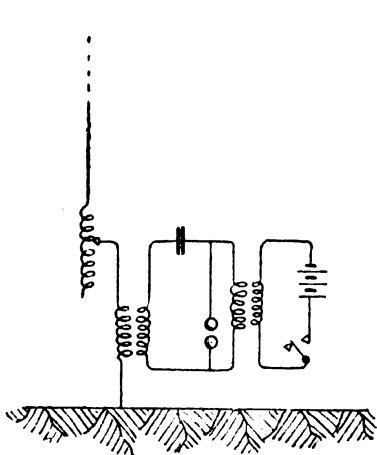
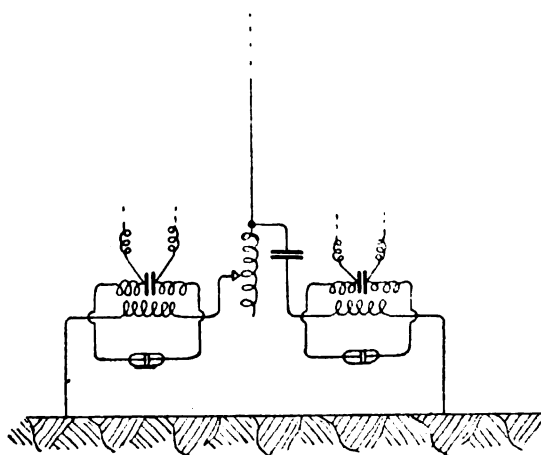



Fig. 19. Fig. 20.

unendo alla stessa antenna due apparecchi di induttanza e capacità differente e corrispondenti quindi ad una differente lunghezza d'onda. L'esperimento fu eseguito fra la stazione ricevente di Poole con 2 ricevitori, e due stazioni trasmittenti, una a Santa Caterina, con antenna di 45 metri e una su di una nave, con antenna di 27 metri. I telegrammi giunsero simultaneamente senza inconvenienti. Sembra però che il funzionamento non sia sempre sicuro e Marconi stesso riconobbe che era necessario che le due stazioni fossero a differente distanza.

Infine riunendo la disposizione che diremo *a trasformatore di Tesla* (fig. 18) con quella a cilindri (fig. 19), Marconi usò anche una disposizione più complessa, mediante la quale fu in grado di ridurre i suoi apparecchi a poter essere collocati sopra un automobile a vapore; ebbe così una stazione facilmente spostabile, che si presta specialmente per uso militare.

*
* *

Negli ultimi esperimenti eseguiti per riunire, con comunicazioni senza fili, l'Europa coll'America, fu pure da Marconi adoperato il sistema sintonico, naturalmente; ma finora abbiamo pochi particolari riguardo al metodo e alle connessioni adoperate. Si sa però che al ricevitore invece del coherer venne adoperato (come già da Popoff e altri) un telefono, che opportunamente scelto, costituisce un ricevitore sensibilissimo; e che alla stazione emittente di Podhu l'antenna era multipla e precisamente costituita da 20 fili di circa 70 metri di altezza, disposti verticalmente secondo le generatrici di un gran cilindro, di diametro pure di circa m. 70. Inoltre la corrente era fornita da un alternatore di 38 HP.

Quali siano i risultati di questi esperimenti non si può ancora precisare; certo essi furono della massima importanza, specialmente per l'invio di *veri telegrammi* a distanza di oltre 2800 chilometri durante l'ultima traversata di Marconi per andare in America. Ma se gli ultimi lavori in questo campo hanno dimostrato un gran progresso dai primi pur felici tentativi, è venuto pure in chiaro la necessità di una unificazione tra i vari metodi, o almeno di un'intesa per la possibilità di un accordo tra stazioni provviste di apparecchi differenti. Sembra che ciò sia stato compreso e che la Germania, iniziatrice di un simile accordo, abbia già avuto l'adesione degli Stati Uniti. Non avranno così a lamentarsi inconvenienti, come quello accaduto pochi giorni sono durante il ritorno del Principe Enrico di Prussia dagli Stati Uniti. La sua nave, provvista di apparecchi Slaby, non potè comunicare dal largo colle stazioni delle coste inglesi provviste di apparecchi Marconi, perchè non era stabilito l'accordo; la comunicazione divenne possibile solo presso terra, quando cioè (diremo noi) l'impulso era tanto violento da impressionare un ricevitore qualsiasi, senza che entrasse in giuoco la sintonia.

A parte questi e simili incidenti, inevitabili nei principii d'una nuova applicazione, è certo che se molto ancora resta da fare nel campo della telegrafia senza fili, molto di quanto è stato fatto lo dobbiamo a questi meravigliosi fenomeni di risonanza, i quali, non soltanto hanno aumentato la portata delle trasmissioni oltre quanto era lecito sperare, non soltanto hanno additato la via per ottenere la sicurezza, la

segretezza, la molteplicità delle trasmissioni, ma ci promettono inoltre un estesissimo uso della telegrafia multipla sulle linee ordinarie, come mostrano gli ultimi studi di Turpain, Mercadier e di Pupin; e, a parte certi progetti finora fantastici di trasmissione di energia e di luce a distanza, ci fanno sperare per un avvenire non lontano nuove applicazioni delle oscillazioni elettriche.

N. 17.

LA TRAZIONE ELETTRICA SULLE FERROVIE

COMUNICAZIONE

fatta dall'Ing. G. GIORGI *alla Sezione di Roma nella Seduta del 18 Aprile 1902* (1). (Sunto).

La trazione elettrica sulle ferrovie è appena nascente, ma destinata a grande importanza avvenire. Il suo sviluppo può conseguire, o dal progresso delle linee tramviarie suburbane, oppure per diretta trasformazione delle linee esercitate a vapore. In ogni caso, questo ramo di tecnica differisce interamente da quello della trazione sulle tramvie; interamente diverse sono le difficoltà da superare.

I punti più importanti da discutere sono i seguenti:

Confronto fra trazione elettrica e a vapore. — Quando la forza motrice sia idraulica, si ha un naturale vantaggio nel costo dell'energia. Ma è importante anche il caso in cui l'energia debba provenire da macchine a vapore stazionarie. Allora, a sfavore della trazione elettrica vi sono le perdite nelle trasformazioni, ma a favore il minor costo dell'energia prodotta da macchine stazionarie. Inoltre in ogni caso valgono i seguenti criteri:

Nel treno elettrico si economizza un peso morto, che può essere superiore al peso utile da rimorchiare. Aumenta il rapporto fra peso aderente e peso totale. Sono possibili maggiori velocità. Sono ridotti i moti perturbati. È minore il peso massimo dei treni e minore lo sforzo del materiale fisso. È più facile e più efficace il comando del treno.

Interessa notare che la trazione elettrica esige grande numero di treni a breve intervallo, mentre la trazione a vapore esige treni molto pesanti a rari intervalli.

(1) Nella Seduta del 4 aprile la Sezione decise di porre in discussione il problema della trazione elettrica ferroviaria; la comunicazione dell'ing. Giorgi ha lo scopo di iniziare tale discussione.

Questo va a favore della trazione elettrica pel servizio dei passeggieri e a favore della trazione a vapore pel servizio delle merci. Quindi necessità del servizio promiscuo, riserbando al caso le linee, di giorno pel traffico dei passeggieri, e di notte per quello delle merci.

Limiti di velocità. — Le condizioni di resistenza delle ruote allo sforzo periferico impongono un limite che è circa 250 km-ora. Praticamente sarà necessario restare notevolmente al disotto di questo limite; è da ritenere nondimeno che la velocità di 150 km-ora si potrà superare senza troppa difficoltà, ma sarà necessario studiare praticamente tutto *ex-novo.*

Resistenza alla trazione. — L'incognita principale e assolutamente preponderante è la resistenza dell'aria. Per velocità oltre 100 km è da prevedere che la resistenza cresca quasi esattamente in ragione del quadrato della velocità. Ciò sarebbe confermato dalle esperienze di Boys sui proiettili. Ma i dati che finora si posseggono sono assolutamente insufficienti.

Tracciato della linea. — In vista delle alte velocità e della relativa importanza della resistenza dell'aria, e anche delle condizioni di trazione, i tracciati per la trazione elettrica comporteranno un limite di pendenze molto superiore all'attuale; al contrario, le curve dovranno essere di raggio estremamente grande.

Orarî. — Il servizio di trazione elettrica deve essere fatto con grande numero di treni, di capacità piccola; in ciò avvicinandosi alquanto al servizio tramviario. La determinazione degli orarî non è più allora subordinata a questioni di coincidenze, e simili; ma devono essere invece studiati diligentemente in rapporto ai diagrammi del consumo di energia.

Composizione dei treni. — Per i treni viaggiatori, è esclusa la necessità della locomotiva. I motori si applicheranno sempre alle vetture passeggieri medesime, quindi aumento di aderenza e soppressione del peso morto. Non conviene peraltro riunire nello stesso treno più di una vettura motrice, stante la difficoltà di assicurare la regolare ripartizione di corrente mentre le diverse vetture sono costrette a conservare la stessa velocità, e inoltre la difficoltà di comandare simultaneamente la manovra di tutti i motori. La composizione normale per un treno dovrebbe essere: una vettura motrice di grandi dimensioni,

sola, o accompagnata da alcune vetture rimorchiate, relativamente piccole; queste ultime permettono di variare la capacità del treno.

Vetture motrici. — Le vetture motrici dovranno essere in generale del tipo a quattro assi, con due carrelli indipendenti. Quando si vogliano rendere motori due soli assi, allora il peso utilizzato per l'aderenza è solamente la metà del peso della vettura, a meno che non si adottino carrelli simili a quelli del tipo Brill per tramvie. Ma in generale per le ferrovie, sarà preferibile rendere motori tutti i quattro assi, attivando ognuno con un motore separato. L'uso di 4 motori invece che 2, nel caso delle ferrovie non aumenterà il prezzo, anzi renderà più facile la costruzione suddividendo la potenza motrice; questa invero è molto rilevante, mentre l'altezza libera pel collocamento dei motori è limitata.

Anche suddivisi in quattro, i motori si trovano in condizioni del tutto diversi da quelli per tramvie; per questi ultimi la potenzialità è determinata dal massimo sforzo motore, e non ha significato la specificazione fatta in base alla potenza in HP; invece quelli per ferrovia devono venire utilizzati in genere al limite specifico di velocità, e la loro potenzialità è determinata dalla potenza in HP. Per questo è in generale inutile il meccanismo di riduzione di velocità. Si può calettare il motore direttamente sull'asse della vettura, oppure sopra un asse concentrico, congiunto elasticamente; ciò per evitare i pericolosi effetti dell'inerzia, tanto sul motore, quanto sul materiale fisso.

Sistemi di alimentazione. — I sistemi più importanti proposti sono:

a) *Corrente continua a potenziale costante;* è il sistema normale per le tramvie. Permette l'utilizzazione massima della linea, l'indipendenza delle unità motrici fra loro, la variazione dello sforzo di trazione entro limiti estesi, e l'autoregolazione di velocità, pur conservando la possibilità di aumentarla e diminuirla a volere. Sarà forse ancora, per molto tempo, il sistema preferito anche per le ferrovie;

b) *Corrente continua a intensità costante*, o sistema in serie. Un tempo preconizzato, ma con poco successo per le tramvie; ora nuovamente sostenuto da alcuni autori inglesi, in vista dell'applicazione alle ferrovie. Non permette l'utilizzazione economica della linea, perchè il voltaggio massimo, essendo determinato da considerazioni di sicurezza della linea, non può essere superiore a quello degli impianti in derivazione. Quindi a carico massimo, cioè col massimo numero di treni sulla linea, la perdita è la stessa come nell'impianto in derivazione; ma a carico ridotto e in assenza di carico, questa perdita,

anzichè diminuire, rimane costante. Il sistema inoltre si presta come autoregolatore per lo sforzo di trazione con funzionamento a velocità variabile; condizione tutt'altro che desiderabile per la trazione ferroviaria. La possibilità di applicazioni del sistema a corrente costante è dunque limitatissima;

c) *Corrente trifasica.* Questo sistema destinato forse a un avvenire, non è stato ancora praticamente provato e studiato se non in piccola scala. L'obbiezione che si può fare pel maggior numero di prese necessario, non ha molta importanza pratica. Obbiezione più grave può essere invece la limitata elasticità dello sforzo motore. Un'altra grave, ma non insuperabile, è quella dei disturbi alle linee telegrafiche e telefoniche.

Connessione dei motori; disposizioni di manovra. — Lo studio del sistema di connessione e manovra dei motori assume speciale importanza nelle ferrovie elettriche.

I motori a corrente continua ad eccitazione in serie, alimentati a potenziale costante, non sono autoregolatori, ma si prestano alle variazioni di carico, variando la velocità in corrispondenza. Se il carico tende verso zero, la velocità aumenta indefinitamente. Si deve a ogni variazione di carico regolare la velocità artificialmente, e questo si fa: con inserzione in serie e parallelo, col regolaggio del campo, con reostati nel circuito principale. Oltre l'inconveniente del funzionamento non automatico, vi è quello della efficacia limitata nel comando della velocità e della impossibilità di funzionare come freno diretto (cioè sul voltaggio della linea). Quindi il motore a eccitazione in serie, che per la sua semplicità e minor costo è preferito nel servizio tramviario, lo sarà forse raramente in quello ferroviario.

Il motore a corrente continua ed eccitazione in derivazione, alimentato a potenziale costante, è autoregolatore per la velocità, e si adatta a tutte le variazioni del carico, nei limiti della sua potenza, senza deviare sensibilmente dalla velocità di regime; questa può essere variata a volontà, e tanto in più quanto in meno, entro certi limiti per mezzo del regolaggio del campo, ed entro limiti più estesi con reostati di circuito e con inserzione in serie e parallelo. Queste proprietà sono appunto quelle che si richiedono pel servizio ferroviario. Difficoltà sono: la possibilità di guasti nell'avvolgimento, la difficoltà di assicurare la uguale ripartizione della corrente fra più motori in parallelo, e infine i pericoli già messi in rilievo da Reckenzaun, relativi alle irregolarità della presa. La pratica più recente tende nondimeno a dimostrare che questi ultimi si possono eliminare.

I motori trifasi, infine, sono sempre autoregolatori di velocità, e questa si può variare entro limiti poco estesi solamente in meno, con l'inserzione di reostato nell'indotto. Una riduzione a 1[2 e 1[4 della velocità si può ridurre con l'accoppiamento *in catena*, che tiene luogo di quella in serie. Altri metodi di regolaggio sono possibili, ma difficilmente attuabili.

In tutti e tre i casi il comando si fa con un apparecchio (*controller*) nella cabina del macchinista. Dovrebbesi col movimento avanti e indietro, di una leva di comando *unica*, compiere successivamente tutte le manovre, compreso l'applicazione del freno e il rovesciamento di marcia; ciò escluderebbe la possibilità di false manovre.

Altro sistema di regolaggio, applicabile coi tre sistemi di motori, è quello Ward-Leonard, fondato sull'impiego di un trasformatore rotativo. Elettricamente è il più perfetto di tutti, ma nella maggior parte dei casi non sembra pratico pel gran peso di macchinario richiesto; forse converrà applicarlo nei casi speciali di trazione con *locomotive* elettriche.

Freni. — Qualunque motore si può usare come freno, in corto circuito. Il motore a corrente continua, in derivazione, può essere efficacemente usato anche come freno vivo, sul voltaggio d'alimentazione, restituendo energia alla linea; usato in corto circuito, basta, per farlo funzionare, una velocità di pochi centimetri al secondo.

L'azione del freno elettrico può essere duplicata col sistema Sperry, adoperando la corrente per azionare un freno meccanico.

Comunque sia applicato, il freno elettrico è vano, se non vi è un sistema, accuratamente studiato, per regolarne l'azione. Il limite di accelerazione di 2 m per secondo al secondo, non dovrebbe essere superato in servizio ordinario, nel rallentamento del treno. La stessa leva di comando dei motori dovrebbe applicare il freno.

Sussidiari al freno elettrico dovrebbero essere un freno ad aria e i freni a mano.

Distribuzione di corrente. — Il sistema di trasmissione e distribuzione della corrente è subordinato a circostanze locali, e dovrà essere studiato volta per volta. Nella maggior parte dei casi converrà, per mezzo di una linea primaria trifase ad alto potenziale, alimentare tante stazioni di trasformazione ripartite a intervalli lungo la linea, e da queste alimentare la linea di servizio, sia a corrente continua, sia a trifase.

Voltaggio. — Per le linee primarie, fra 10 mila e 30 mila volt. Per le linee di servizio, 800 volt si possono considerare come il limite minimo; solamente la pratica potrà additare il limite massimo compatibile con la sicurezza di esercizio.

Trazione ad accumulatori. — Lo stato attuale della tecnica degli accumulatori sembra escludere, per ora, qualunque seria applicazione alla trazione ferroviaria, con batterie sulle vetture. Il peso degli accumulatori, anche i più perfetti, per unità di potenza, è così grande, che, oltre una certa velocità e un certo limite di pendenza, tutta la potenzialità dell'apparecchio verrebbe utilizzata per rimorchiare il peso proprio. Inoltre, pel servizio ferroviario, il costo di manutenzione risulta quasi proibitivo.

Presa di corrente. — Una delle questioni più importanti nella trazione elettrica ferroviaria è quella della presa di corrente. I sistemi in uso pel servizio tramviario sono qui insufficienti, stante la potenza considerevole da trasmettere (un trolley ordinario non è adatto oltre 100 e 200 kw).

Il sistema della terza rotaia a livello del suolo è così deficiente per quanto riguarda la garanzia d'isolamento e la possibilità d'impiego di potenziali elevati, che non lascia confidare nella possibilità di serie applicazioni sopra reti di estensione ragguardevole.

Tutte le ricerche dovrebbero essere dirette al perfezionamento delle prese di corrente aerea; ma sarà necessario allontanarsi molto dai tipi in uso nella trazione tramviaria per arrivare a qualche cosa che sia industrialmente soddisfacente per la trasmissione di grandi potenze. I conduttori aerei anzitutto non dovranno essere nulla che si avvicini a quello che può chiamarsi *un filo*, ma bensì vere e proprie sbarre rigide, simili a rotaie, di bronzo e di acciaio, sospese a poca altezza sul cielo delle vetture e portate da robuste armature. Pel sistema di contatto, si dovrà probabilmente rinunciare a tutti i sistemi di rotelle, cilindri Walker, e contatti rotolanti di qualsiasi specie, e fermarsi all'uso di apparecchi di presa striscianti, non snodati, ma di robusta costruzione e con grande area di contatto; qualche cosa di simile a quelli usati nel tunnel di Baltimora.

Ogni treno dovrebbe avere un contatto, o sistema di contatti, in testa alla vettura motrice, uno in coda alla vettura motrice, e uno in coda al treno, oppure uno su ogni vettura; ciò allo scopo di ripartire la corrente, garantire la continuità della comunicazione, e permettere

d'interrompere i conduttori principali per breve tratto, dovunque richiesto, agli scambi, passaggi a livello e simili.

Nelle stazioni, i conduttori aerei potrebbero essere opportunamente protetti dai lati; ma probabilmente converrebbe sotto ogni punto di vista, nelle stazioni principali, fare una distribuzione speciale a potenziale inferiore ed eventualmente a frequenza ridotta, rispetto a quella distribuita in piena linea. Questa distribuzione si presterebbe anche meglio pel servizio di manovra dei treni, e sopratutto per garantire in ogni caso il rallentamento immediato dei treni che arrivassero con velocità troppo forte.

N. 18.

SULLA NUOVA LEGGE
PER LA DERIVAZIONE DI ACQUE PUBBLICHE

LETTURA

fatta dal Socio Ingegnere VINCENZO SOLDATI
alla Sezione di Torino il 5 maggio 1902

La Legge 10 agosto 1884 concernente la derivazione delle acque pubbliche fu da tutti riconosciuta non essere più rispondente ai bisogni dell'industria dopo i recenti progressi dell'elettrotecnica e da tutti coloro che si interessano al risveglio economico del nostro paese, così povero di combustibile e di capitali, fu desiderata e sollecitata la presentazione di una nuova legge che rendesse più facile la utilizzazione delle forze idrauliche per mezzo della elettricità a beneficio delle industrie e dell'agricoltura.

Questo nuovo disegno di legge fu presentato dal Ministro Lacava al Senato nella tornata del 17 marzo 1899 e di esso si occuparono con vivissima premura la Società degli Ingegneri ed Architetti di Torino e la Società Elettrotecnica Italiana, Sezione di Torino.

Esse d'accordo nominarono una Commissione, la quale, esaminato detto progetto di legge, presentò una Relazione che fu letta nella seduta del 27 maggio 1899 e fu oggetto di vivissima discussione in quella seduta stessa ed in altra successiva che si tenne nel giorno 14 giugno 1899.

In quest'ultima seduta fu votato il seguente Ordine del giorno:

« *La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino e la Sezione di Torino della Associazione Elettrotecnica Italiana* riunite in unica assemblea per esaminare il disegno di legge presentato al Senato del Regno sotto il titolo: « Modificazioni ed aggiunte alla Legge 10 agosto 1884 sulle derivazioni di acque pubbliche »;

« Plaudono:

« all'intendimento di impedire gli accaparramenti delle forze idrauliche;

« alla decadenza delle concessioni inutilizzate;

« all'abolizione della perpetuità delle concessioni;

« alla mitezza dei nuovi canoni ed alla ulteriore loro riduzione nel caso di trasporto di energia a distanza;

« alla facoltà di sospensione senza danno di piccole concessioni che ostacolino le grandi;

« alla dichiarazione di pubblica utilità delle opere necessarie;

« all'utilizzazione delle concessioni.

« Riaffermano i loro precedenti voti nel senso:

« che il termine improrogabile per la costituzione di consorzio o di società per l'esercizio delle concessioni sia di almeno ùn anno;

« che quanto alla classificazione delle derivazioni, il limite di distinzione fra le derivazioni di prima e seconda classe sia stabilito in numero di almeno 500 cavalli dinamici o di 200 moduli;

« che la procedura per le concessioni sia semplificata ed abbreviata e colla progettata istituzione di una Commissione permanente siano soppressi tutti gli altri pareri preventivi delle amministrazioni in quelle rappresentate;

« che però, a maggiore garanzia di ogni legittimo interesse, sia stabilito un termine entro il quale dopo la visita del Genio Civile sulla località possano proporsi nuove opposizioni o nuovi motivi delle opposizioni già proposte e venga concesso un termine non minore di tre mesi per la firma del disciplinare da parte del concessionario;

« che quanto alla riserva delle forze a favore dello Stato sia esplicitamente escluso che la sola possibilità di una ipotetica futura utilizzazione delle forze idrauliche per parte dello Stato possa essere di ostacolo alle concessioni; quanto meno le dichiarazioni di riserva debbano avvenire entro un termine non maggiore di tre anni dalla promulgazione della legge;

« che per la riduzione del canone nel caso di trasporto di energia a mezzo di diversi conduttori venga presa come base del calcolo la media dei prodotti delle distanze per le energie rispettivamente trasportate;

« che quando al primo richiedente venga preferito lo Stato od un terzo, debba il preferito, oltre al rimborso delle spese di istruttoria, corrispondere al primo richiedente una giusta indennità.

« Fanno voti:

« che si inserisca nella legge una definizione delle acque pubbliche;

« che gli elenchi di queste vengano compilati entro tre anni dalla promulgazione della legge;

« che spossessandosi un concessionario di derivazioni per ragioni di pubblico interesse gli si corrisponda una giusta indennità;

« che la forza motrice pel computo del relativo canone venga misurata dalla quantità d'acqua che si concede e dalla caduta che sia effettivamente utilizzata come già nella Legge 1884 ».

Il Senato discusse e poi votò il progetto di legge sovra accennato accogliendo alcune fra le modificazioni proposte nel succitato Ordine del giorno e si riteneva che venendo la legge presentata alla Camera dei Deputati, quale fu votata dal Senato, si avrebbe avuto occasione di insistere nuovamente sui concetti espressi in detto ordine del giorno nella speranza che la Camera dei Deputati avrebbe migliorato la legge nel senso desiderato.

Ma la chiusura della Sessione Parlamentare fece cadere il progetto di legge. Ora, se sono esatte le informazioni avute, confermate d'altronde da discussioni provocate recentemente alla Camera dei Deputati dall'onorevole Crespi, si starebbe preparando una legge che segnerebbe un vero regresso in confronto, non solo di quella che già fu votata dal Senato nel 1899, ma ben anche di quella del 10 agosto 1884.

Questo nuovo progetto di legge da quanto si conosce sarebbe inspirato al concetto di impedire l'accaparramento e lo sfruttamento delle forze motrici idrauliche e differirà dal progetto di legge presentato in Senato in due punti essenzialissimi, cioè, mentre in questo si proponeva una diminuzione nel canone per le forze motrici riducendolo da lire 3 per cavallo-vapore teorico a L. 2,50 (articolo 14) e

si conservava la vitale disposizione di rinnovazione della concessione assicurata per un secondo trentennio, nel nuovo progetto di legge invece il canone sarebbe portato a lire 10 e fors'anco a lire 20 per cavallo-vapore ed il diritto alla rinnovazione della concessione per un secondo trentennio sarebbe abolito.

Con queste due misure si mira a colpire i così detti sfruttatori della ricchezza nazionale e per impedire l'accaparramento si riproduce nel progetto di legge il divieto che già ora, amministrativamente, si impone nelle nuove concessioni, di cedere la concessione prima che le opere siano compiute.

È gravissimo il danno che dall'introduzione di questi provvedimenti nella nuova legge risentirebbe la nascente, ma tutt'altro che fiorente industria dei grandi impianti idroelettrici da cui tanto benefizio ricavano le industrie manifatturiere e tanto vantaggio attende l'industria agricola.

Ho creduto perciò opportuno esporre ai membri delle tre Società che costituiscono la nostra Federazione alcune considerazioni su questo argomento della nuova legge per le derivazioni di acque pubbliche ritenendolo di vitale interesse non solo per gli Ingegneri e gli Elettrotecnici, ma anche per i Chimici, non potendosi sperare che le grandi Industrie Chimiche possano attecchire nel nostro paese mancante di combustibile se non col sussidio dell'elettricità ottenuta a basso prezzo coi grandi impianti idroelettrici.

Io mi propongo di ricercare anzitutto se ed in quali proporzioni esistano lo sfruttamento e l'accaparramento delle forze motrici idrauliche, quali siano le prevedibili conseguenze dei provvedimenti escogitati per combattere queste due piaghe, ed infine quali sarebbero i concetti cui dovrebbe essere informata la nuova legge per raggiungere il duplice scopo di impedire gli abusi, ma di favorire in pari tempo lo sviluppo serio e costante del lavoro nazionale.

Coloro che con alte grida invocano provvedimenti contro gli sfruttatori delle forze idrauliche basano le loro accuse sulla differenza che esiste fra le lire tre per cavallo-vapore teorico che il concessionario paga allo Stato per canone annuo ed il prezzo assai elevato che gli utenti della forza motrice trasmessa colla elettricità pagano ai concessionari degli impianti idroelettrici.

Questa differenza si ritiene in massima parte goduta come utile dal concessionario e si crede perciò che i capitali investiti negli impianti elettrici diano generalmente un benefizio enorme.

Ma che questi enormi guadagni realizzati negli impianti idroelettrici esistano davvero lo possono credere soltanto coloro che si arre-

stano alle apparenze o coloro che chiudono gli occhi alla luce meridiana dei fatti.

Invece per chi ama approfondire lo studio delle questioni è fàcile il constatare che la differenza fra le lire tre di canone annuo e l'alto prezzo di locazione del cavallo-vapore elettrico è pienamente giustificato dalle spese di costruzione e di esercizio che gravano su questi impianti, e fra la quantità teorica iniziale di forza prodotta, su cui si paga il canone al Governo, e quella effettivamente venduta.

Tutti coloro che hanno seguito con occhio attento ma spassionato lo sviluppo preso negli anni scorsi (e che pur troppo si è già arrestato) da questi impianti, non ignorano che i promotori si fanno spesso l'illusione di poter costrurre la parte idraulica con spesa assai limitata, mentre invece, salvo casi eccezionali, non si riesce a trattenere questa spesa al disotto di lire 700 per cavallo-vapore effettivo misurato sull'albero delle turbine.

Se ora si tien conto della spesa, variabile secondo i casi, ma sempre assai rilevante, degli apparecchi elettrici che trasformano la forza motrice in energia elettrica e delle condotte elettriche occorrenti per portarla al sito di impiego sia per luce che per forza motrice, se non si dimentica la notevole perdita di forza che si ha negli alternatori, nella condotta e nei trasformatori, si è costretti a riconoscere che *chi costruisce l'impianto idroelettrico immobilizza, salvo casi eccezionalissimi, non meno di lire 1100 per ogni cavallo-vapore.*

Se di questo capitale non si dovesse fare l'ammortamento nel brevissimo termine della concessione; se l'esercizio di un impianto di distribuzione d'energia elettrica fosse così poco costoso come lo è quello della distribuzione di acqua potabile; se gli interessi del capitale nei primi anni di esercizio in cui soltanto una parte minima dell'energia viene collocata non accrescessero in misura rilevante il costo reale dell'impianto, si potrebbe distribuire agli utenti l'energia elettrica al prezzo di poco più che lire 100 al cavallo-vapore.

Ma è facile riconoscere che l'interesse da corrispondere al capitale, il suo ammortamento, le spese gravissime di esercizio, i canoni governativi e le tasse superano e di molto nella maggior parte dei casi nel loro complesso le lire 180 all'anno per ogni cavallo-vapore elettrico misurato ai morsetti del motore dell'utente, come fu chiaramente dimostrato in una elaborata ed autorevole Memoria scritta in ottobre del 1899 dall'egregio nostro socio, ing. Carlo Giovara, come relatore di una Commissione, che per iniziativa della benemerita Società promotrice dell'Industria Nazionale intraprese lo studio del problema della forza motrice per la piccola industria nella Città di Torino.

Che questi computi analitici siano esatti, lo dimostra il fatto che nessuno dei tanti impianti idroelettrici costrutti sinora ha dato un risultato economico così splendido da giustificare la guerra che loro è mossa e l'accusa di sfruttamento.

Tutti questi grandiosi impianti idroelettrici tanto ammirati dagli stranieri hanno dato un ottimo risultato tecnico, hanno arrecato un enorme benefizio alla piccola industria, hanno giovato e giovano alla economia nazionale trattenendo in paese una rilevantissima quantità di oro, che annualmente emigrava per l'acquisto di carbone fossile, ma ben poco benefizio hanno arrecato ai capitalisti altrettanto coraggiosi quanto sfortunati, che impiegarono i loro capitali in queste speculazioni.

Se non mi trattenesse la tema di tediare chi mi ascolta potrei citare innumerevoli cifre a conforto di quanto affermo, cioè che i coraggiosi industriali cui sono dovuti gli impianti idroelettrici attualmente in esercizio, anzichè essere sfruttatori o monopolizzatori della ricchezza nazionale, ne sono invece promotori e benefattori nella maggior parte dei casi con loro perdita ed in qualche caso eccezionale con loro profitto, ma ben limitato.

Citerò un esempio solo, ma molto convincente, salvo per coloro che si chiudono gli occhi per non vedere e le orecchie per non sentire.

La Società Lombarda per distribuzione di energia elettrica, che costruì ed esercisce il grandioso impianto idroelettrico di Vizzola-Ticino, si trovò nelle migliori condizioni che si possano desiderare per limitare le spese d'impianto ed ottenere il massimo benefizio pei suoi capitali.

Essa non ebbe infatti ad incontrare le gravissime spese per le opere di derivazione che tanto pesano sul costo delle opere idrauliche perchè si valse della stessa diga che già esisteva pel canale Villoresi, le spese generali pesarono sul costo del cavallo-vapore assai meno che per altri impianti, essendone enorme la potenzialità (19.000 cavalli-vapore teorici) e finalmente essa non ebbe a soffrire quel periodo di semi-inoperosità nei primi anni di esercizio che reca tanto pregiudizio alle intraprese industriali di questo genere, perchè la regione cui è destinata la forza motrice prodotta dall'impianto di Vizzola, ricca di opifici industriali, assorbì in poco tempo l'enorme quantità di energia ricavata con questo impianto in sostituzione della forza motrice, che prima si ricavava da motori a combustibile.

Per l'economia nazionale, il risultato ottenuto coll'impianto di Vizzola fu splendido, perchè da solo esso rappresenta una diminuzione di circa due milioni e mezzo di franchi dell'esportazione annuale d'oro

per provvista del carbone, ma quale fu il risultato finanziario per gli azionisti?

La risposta si ebbe nell'assemblea della Società Lombarda per distribuzione di energia elettrica, tenutasi a Milano nel giorno 9 marzo u. s., in cui venne approvato il bilancio dello scorso esercizio, che permette la distribuzione di un dividendo di L. 25 per azione, ossia il 5 p. % sul capitale.

Questa dell'impianto di Vizzola è la più brillante delle intraprese di questo genere, e pure non dà che un dividendo del 5 per cento al capitale immobilizzato; tutte le altre o dànno appena un magro interesse o sono in tale sofferenza da renderne le azioni assolutamente deprezzate sul mercato dei valori e con tutto ciò si grida allo sfruttamento, al monopolio e si stigmatizzano i vampiri della ricchezza nazionale e si escogitano aumenti di canone, precarietà di concessione, misure energiche, restrittive, per impedire l'illecito arricchimento di pochi a detrimento della Nazione!

Se anche fosse vero che i concessionarii di acque pubbliche si arricchiscono arrischiando i loro capitali nel mettere in valore le acque pubbliche come forze motrici, le quali lasciate allo stato naturale non hanno valore alcuno, essi meriterebbero però di essere trattati e considerati come gente benemerita dell'economia nazionale, come lo sono in tutti i paesi realmente civili tutti coloro che immobilizzano capitali ingenti in opere di pubblica utilità.

L'ingiustizia fenomenale che si commette trattando da sfruttatori della ricchezza nazionale, coloro che a loro rischio e pericolo convertono le inoperose acque pubbliche in una vera cassa di risparmio di quel poco oro che circola nel paese riesce anche più stridente, se si confronta il trattamento che tanto la legge quanto la pubblica opinione fanno ad altri speculatori della ricchezza nazionale.

I minerali sepolti nel seno della terra, ad esempio, sono essi pure un patrimonio della nazione ed in tutti i paesi civili provvide leggi sottraggono la coltivazione delle miniere al proprietario del suolo, affidandola con regolare concessione a capitalisti coraggiosi ed intelligenti.

Nessuno ha mai pensato sinora a trattare da sfruttatori i concessionarî di miniere, nemmeno quando fanno enormi benefizi come succede spesso all'estero e talora anche da noi, benchè l'Italia sia poco ricca di miniere molto rimuneratrici.

Eppure quale enorme differenza in rapporto alla economia nazionale fra chi estrae il minerale dal seno della terra e chi trasforma l'acqua in forza motrice!

Il concessionario della miniera ha una concessione che non ha limite di tempo e cessa solo quando la miniera è esaurita o egli la abbandona, mentre il concessionario di acqua per forza motrice ha una concessione limitata e dovrà un giorno o l'altro restituirla allo Stato.

Al termine di una concessione di miniera questa è esaurita e non ha più nessun valore per lo Stato, al termine di una concessione di acqua pubblica per forza motrice lo Stato rientra al possesso dello stesso valore che aveva concesso e può farne oggetto di una nuova concessione.

Ma senza uscire dall'orbita delle acque pubbliche, basta il confronto fra i concessionarî di acque irrigue con quelli di acque motrici, per mettere in evidenza l'assoluta mancanza di equità nella guerra che si muove agli impianti idroelettrici.

Il concessionario di acque pubbliche a scopo di irrigazione, paga lire 50 annue per ogni cento litri di acqua che deriva al minuto secondo, ma quest'acqua egli la consuma a tutto suo beneficio o di coloro cui egli la rivende senza che a nessuno sia mai venuto in mente di sindacare se il suo guadagno sia più o meno lauto; il concessionario di acqua motrice che deriva cento litri d'acqua al minuto secondo, facendoli operare su di una caduta di 75 metri di altezza, paga allo Stato lire 300 all'anno e non consuma nemmeno una goccia dell'acqua che gli è concessa in uso, ma tutta la restituisce al corso d'acqua demaniale perchè possa servire ad altri concessionarî di forza motrice nei tronchi più a valle o possa essere consumata da utenti di irrigazione.

E si noti ancora che cento litri d'acqua impiegati a produrre cento cavalli-vapore, distribuiti alle piccole industrie mediante l'energia elettrica, procurano il pane a molte centinaia di operai, mentre cento litri di acqua irrigua aumentano il numero degli operai agricoli di ben poche diecine.

Eppure l'impianto idroelettrico è uno sfruttamento della ricchezza nazionale che si vorrebbe sopprimere, mentre la speculazione sulle acque irrigue, favorita da speciali leggi per la formazione di consorzi, aiutata da prestiti governativi, è considerata come opera di pubblica utilità, benchè ridondi a vantaggio esclusivo di privati tanto quanto la speculazione degli impianti idroelettrici.

Se non è uno sfruttatore di ricchezza nazionale chi costruisce un canale di irrigazione o prende in affitto un canale demaniale per distribuire l'acqua a pochi proprietarî dei fondi latistanti al canale, perchè deve essere considerato come tale chi costruisce un impianto

idroelettrico per distribuire forza motrice ai proprietarî degli opifici industriali situati nell'ampio raggio d'azione del suo impianto?

Entrambi pagano un tenue canone allo Stato, entrambi arrischiano un capitale ed hanno diritto ad una rimunerazione di questo capitale superiore a quella che ottiene chi per non correre rischi acquista rendita di Stato consolidata od Obbligazioni di Credito Fondiario, entrambi hanno eguale diritto al rispetto se non alla riconoscenza di tutti.

Sfatata la leggenda dello sfruttamento, vediamo in che cosa consista l'accaparramento e quali sono le attuali disposizioni legislative che ne permettono l'esistenza.

L'articolo 13 del Regolamento 9 novembre 1885, riprodotto nel nuovo Regolamento 26 novembre col n. 8, stabilisce che fra più domande corredate dei documenti prescritti dal Regolamento ed aventi per oggetto in tutto od in parte la stessa concessione, dev'essere preferita, quando non possano tutte tecnicamente coesistere, quella presentata prima delle altre, con facoltà di derogare a questa norma soltanto nel caso che a favore di alcuna fra le domande posteriormente presentate militino prevalenti motivi di pubblico interesse.

L'articolo 1 dello stesso Regolamento, permette poi a chi fa una domanda di concessione, la facoltà di presentarla sotto riserva di costituire un Consorzio od una Società civile o commerciale per esercitare la concessione.

Queste due disposizioni del Regolamento, ottime in sè stesse, perchè dirette a impedire illecite preferenze o tentativi di ricatto ed a favorire la costituzione di Società capaci di costrurre le grandi derivazioni o irrigue o di forza motrice a beneficio dell'agricoltura e dell'industria, presentarono però alcuni inconvenienti nel periodo febbrile del primo momento in cui tutti sognarono trarre enormi vantaggi dalle cadute d'acqua, producendo il così detto *carbone bianco*.

Sono inconvenienti di tutti gli inizii di idee o energie nuove, ma che praticamente hanno il lato utile di scuotère l'opinione pubblica e le private iniziative.

Con progetti di massima abborracciati in fretta e furia, talora col solo sussidio delle carte corografiche dello Stato Maggiore e con qualche quota di livello, ricavata di volo sul terreno e senza alcun sussidio di rilievi conscienziosi delle condizioni idrografiche del corso d'acqua formante oggetto della derivazione, si coprirono affrettatamente di domande di concessione interi corsi d'acqua, onde fruire del diritto di prelazione.

Sono questi eccessi del primo momento, tuttavia sarà provvida quella disposizione o della Legge o del Regolamento, che impedirà efficace-

mente questo traffico a base di accaparramento, purchè lo scopo si ottenga senza arrecare in pari tempo troppo gravi difficoltà allo sviluppo dell'industria dei grandi impianti idroelettrici od all'uso della forza motrice idraulica per parte della piccola industria. Infatti, coloro che conoscono il modo con cui si svolge la ricerca delle forze motrici, grandi e piccole, e la costituzione dei capitali occorrenti per la loro creazione, sanno benissimo che salvo casi eccezionalissimi non sono i felici mortali possessori di grossi capitali, nè i grandi Istituti bancari che li maneggiano, quelli che possano andare direttamente alla ricerca di una forza motrice idraulica, ma sono quasi sempre modesti ricercatori pratici del regime dei corsi d'acqua quelli che prendono l'iniziativa dei grandi impianti idroelettrici e fatta la domanda di concessione, valendosi delle disposizioni contenute nell'articolo 1 del Regolamento, promuovono la formazione di una Società, che abbia i mezzi ingenti che occorrono per esercirla, e questo lavoro, modesto ma necessario, merita la sua rimunerazione.

Anche al piccolo industriale, che ha bisogno di forza motrice di moderata entità, giova il ricercatore, perchè quando gli si presenta il bisogno di forza, egli non può attendere per tutto quel periodo di tempo (già lungo una volta ed ora lunghissimo) che occorre per ottenere la concessione.

Se il piccolo industriale al momento del bisogno trova una concessione di sua convenienza già data o col disciplinare già firmato ovvero prossimo alla firma, egli può dare la preferenza alla forza motrice idraulica, se no egli trova senza dubbio più conveniente, in novantanove casi su cento, l'impianto di un motore a combustibile, che ha già per lui l'inestimabile vantaggio di non immobilizzare che un piccolo capitale.

Se nell'intento di impedire l'accaparramento delle forze motrici idrauliche si adottano provvedimenti, che rendano impossibile l'onesto mestiere del ricercatore, si fa un grave danno all'economia nazionale promuovendo l'impiego di motori, che consumano combustibile acquistato all'estero a prezzo d'oro e si priva l'erario di quelle somme rilevanti che incasserebbe per canoni delle forze motrici idrauliche.

A questo deplorevole risultato si arriverà senza dubbio, se si persisterà nel sistema di combattere l'accaparramento nel periodo che viene dopo la firma del disciplinare, mentre invece esso si esplica nel periodo anteriore alla firma e si fonda sulle disposizioni del Regolamento, che si devono applicare in questo periodo dell'istruttoria.

Il provvedimento che già ora è adottato (abusivamente, come già dissi, perchè in urto manifesto colla disposizione contenuta nell'arti-

colo 1 del Regolamento, relativo alla riserva di cessione della concessione ad una costituenda Società) di far sottoscrivere nel disciplinare l'obbligo di non cedere la concessione prima che il canale, con i relativi motori, sia ultimato e collaudato sotto pena di decadenza, mentre non basta per impedire l'accaparramento, produce l'effetto di allontanare dalla formazione di forze motrici idrauliche grandi e piccole i capitali prudenti e la gente onesta.

Infatti nessun Direttore di Società Anonima, che non abbia fatto divorzio dal buon senso, acquisterà una concessione di derivazione d'acqua, coll'obbligo di attendere che i capitali della Società siano immobilizzati nelle opere prima di ottenere dal concessionario il regolare atto di cessione, correndo così il rischio di essere truffato da questi colla vendita a terzi (come è successo ad una Banca estera or fa una quindicina di anni in un acquisto di terreni sulla Riviera Ligure) o di essere espropriato dai creditori se nel frattempo il concessionario cade in fallimento.

Non basta, come dissi, questo divieto di cessione ad evitare l'accaparramento, perchè se le forze motrici abilmente accaparrate non potranno più passare nelle mani delle Società serie e potenti, si troveranno però i modi per non lasciarla decadere.

L'azione dell'accaparratore si svolge essenzialmente nel periodo anteriore alla firma del disciplinare e consiste nell'approfittare di tutte le disposizioni contenute nel Regolamento, e della mancanza di quelle che l'esperienza dimostrò che si possono introdurre per ritardare la firma del disciplinare sino a tanto che egli abbia trovato il compratore o costituita la Società rilevataria della concessione.

Il Regolamento all'articolo 16 dice che, compiuta l'istruttoria, il Prefetto, riconosciuta la regolarità del progetto e del disciplinare, lo fa trascrivere in carta da bollo competente, e lo fa firmare dal richiedente la concessione, ma non prevede il caso che il richiedente non si presenti subito per fare la firma o presentandosi richiegga modificazioni al disciplinare.

Il richiedente ha quindi nella maggior parte dei casi il mezzo di dilazionare quasi a suo talento questa firma, che lo obbliga a cominciare i lavori e darli ultimati ad epoche fisse.

Se la Prefettura rimediando alla lacuna che esiste nel Regolamento impone di *motu-proprio* al richiedente l'obbligo di firmare il disciplinare entro un dato numero di giorni, sotto pena di decadenza dal diritto di prelazione sancito dall'articolo 8 del Regolamento, resta sempre all'abile accaparratore un'àncora di salute, di cui pochi, anche

fra coloro che si affannano nella ricerca dei mezzi atti a sanare la piaga dell'accaparramento, conoscono l'esistenza.

Quest'àncora di salute consiste nelle varianti al primitivo progetto che il richiedente presenta prima della firma del disciplinare quando non ha potuto ancora trovare il cessionario e la Prefettura lo incalza per la firma, od anche dopo avuta la concessione, quando per qualsiasi causa egli od il suo cessionario trovano di loro convenienza dilazionare il cominciamento dei lavori.

Il Regolamento non prevede il caso che ad istruttoria finita e prima della firma del disciplinare, il richiedente presenti una variante e le Prefetture in questi casi non possono attualmente far altro che aprire una nuova istruttoria, dando così al richiedente un nuovo periodo di tempo (che una volta si misurava a mesi ed ora si misura ad anni) per tentare la vendita della concessione.

Il Regolamento prevede invece all'art. 33 il caso di varianti presentate dopo ottenuto il decreto di concessione e stabilisce che l'istruttoria deve essere in questo caso completa, come per la domanda di una nuova concessione.

Ma nè in un caso, nè nell'altro esso stabilisce che la presentazione di una variante possa far perdere il diritto di prelazione.

È quindi evidente che uno dei rimedi più efficaci per combattere l'accaparramento, quando non si preferisca mettere un limite al diritto di prelazione, consisterebbe nel mettere un freno all'abuso delle varianti, facendo perdere il diritto di prelazione nel caso di varianti presentate prima della firma del disciplinare e non ammettendo le varianti presentate dopo il Decreto di concessione, se non accompagnate da circostanze tali da togliere il dubbio che la variante non sia altro che un sotterfugio per procrastinare il cominciamento dei lavori.

Ma siccome la vera origine dell'accaparramento risiede nella prelazione illimitata concessa coll'articolo 8 del Regolamento, a chi arriva il primo a fare una domanda di concessione di una derivazione d'acqua pubblica, io sono d'avviso che non si riuscirà mai a sradicare completamente la mala pianta dell'accaparramento, se non si metterà un limite a questo diritto di prelazione, senza però recare pregiudizio a chi con spese e fatiche degne di compenso è riescito a concretare un progetto serio ed utile di utilizzazione di acque pubbliche per irrigazione o per forza motrice.

Per ottenere questo intento basta imitare, per le concessioni di acque pubbliche, ciò che, ad imitazione di quanto si praticava da tempo in paesi economicamente più progrediti del nostro, si è stabilito nella Legge 20 novembre 1859 per le concessioni di miniere.

Con questa legge, chiunque aspira ad una concessione di miniera indica la località che è oggetto dei suoi studi ed ottiene il permesso di fare le opportune ricerche, e da questo momento, se riesce a scoprire la miniera, egli acquista il diritto di prelazione tanto su coloro che avessero fatto la domanda di ricerca dopo di lui, quanto, a miniera scoperta, su chiunque altro concorrente, ma a condizione (articoli 38 e 40) che egli sia in condizione di intraprendere e condurre i lavori e soddisfare agli oneri imposti dall'atto di concessione.

Questa limitazione del diritto di prelazione unitamente alle altre provvide disposizioni della legge, cioè la limitata durata del permesso di ricerca, la pubblicazione tanto del permesso di ricerca quanto della dichiarazione di miniera scoperta, rendono impossibile al ricercatore di miniere di diventare un accaparratore perchè, se non ha i mezzi di coltivarla, non ottiene la concessione, e se la miniera è promettente non può colla pretesa di un premio esagerato impedire che altri, fornito di mezzi sufficienti, ottenga la concessione.

Ma in questo caso in cui la concessione della miniera gli è negata ed è invece data ad altri che tira profitto dalle sue fatiche e spese, il ricercatore di miniere non è spossessato senza compenso come succede ora per i richiedenti le concessioni di derivazioni d'acqua quando lo Stato trova utile riservare la derivazione domandata per le future applicazioni di trazione ferroviaria, ovvero viene preferito un altro richiedente per prevalenti motivi di pubblico interesse a norma dell'articolo 8 del Regolamento.

Stabilisce infatti con indiscutibile equità l'articolo 40 della succitata legge sulle miniere, che lo scopritore di una miniera, quando non è il preferito per la concessione, ha diritto ad un premio il cui pagamento è posto a carico del concessionario ed è determinato nell'atto stesso della concessione.

Se invece di mettere ostacoli al libero uso delle concessioni di derivazioni di acque pubbliche al solo scopo di impedire gli abusi nell'ottenimento delle concessioni stesse, si imitasse il concetto cui è inspirato il meccanismo delle concessioni delle miniere colle variazioni, ben inteso, che merita la differenza della materia, si otterrebbe lo scopo di impedire gli accaparramenti di cui infatti nelle concessioni di miniere non si ha esempio.

Nè mi si obbietti che il ricercatore non può esistere per le derivazioni di acque pubbliche perchè esse non sono nascoste come i minerali e non occorrono per la compilazione di progetti di canali irrigui o di forza motrice, spese tanto rilevanti da meritare un premio come per la scoperta di una miniera.

Un progetto di derivazione, sia per irrigazione, sia per forza motrice non è serio nè meritevole di fiducia per parte di chi intende arrischiare i suoi capitali nell'eseguirlo ed esercirlo se non quando si sono determinati con assoluta sicurezza due elementi essenzialissimi, anzi vitali, cioè la portata minima del corso d'acqua e la assoluta disponibilità dell'acqua per diritti che altri utenti possono avere o vantare sulle acque, che si ha in animo di derivare.

Pur troppo i progetti di massima che accompagnano le domande di concessione fatte sotto il regime della legge vigente e relativo Regolamento sono raramente completi in questi due punti essenzialissimi della portata minima disponibile e dei diritti dei terzi, ma anche questo inconveniente ritrae la sua origine dall'articolo 8 del Regolamento, il quale dà la assoluta investitura della derivazione a chi primo arriva a presentare la domanda di concessione.

La ricerca della portata minima richiede sempre operazioni di misure di portata ed osservazioni idrometriche lunghe, costose e che non si possono nascondere agli occhi del pubblico, ed è perciò facile il comprendere che il ricercatore di una forza idraulica di qualche importanza non può intraprendere nè queste operazioni, nè quelle di un particolareggiato rilevamento altimetrico e planimetrico del terreno su cui deve svilupparsi il canale se non dopo essersi assicurata la prelazione colla presentazione della domanda di concessione accompagnata da un progetto che si denomina volgarmente di massima, benchè sia sempre minima la considerazione che esso merita.

La necessità delle varianti che riescono, come ho sovra spiegato, tanto comode per chi pratica l'accaparramento, sono una conseguenza quasi necessaria di questa affrettata ed incompleta compilazione dei progetti di massima dovuta al diritto assoluto di prelazione stabilito coll'articolo 8 del Regolamento.

Non ultimo pertanto fra gli obbiettivi che il legislatore dovrebbe prefiggersi colla nuova legge, sarebbe quello di far sì che la domanda di concessione sia accompagnata da un progetto serio particolareggiato e scomparisca l'inconveniente creato dall'attuale sistema di un progetto di massima presentato colla domanda di concessione che si rende di pubblica ragione e di un progetto definitivo particolareggiato che si presenta dopo ottenuta la concessione e che viene approvato senza che il pubblico ne venga a conoscere i particolari e possa presentare le sue osservazioni.

A tutti questi inconvenienti si ovvierebbe, a parer mio, se per le concessioni di derivazioni di acque pubbliche si adottasse una procedura simile a quella stabilita nella succitata legge per le concessioni

di miniere e che si può, nelle sue linee generali, concretare come segue:

« Chi intende fare una domanda di concessione di derivazione di acque presenta al Prefetto uno stralcio di carta di Stato Maggiore o di mappa catastale su cui sia chiaramente segnato il tronco di corso d'acqua che formerà oggetto della futura domanda, indica il termine entro cui si impegna a presentare questa domanda, specifica le località in cui farà le misure di portata e disporrà gli idrometri occorrenti per la determinazione delle portate minima e ordinaria.

« Il Prefetto, sentito l'Ufficio del Genio civile e riconosciuto che il tronco di corso d'acqua non è già vincolato da concessione data od in corso o da riserva per la trazione elettrica delle ferrovie, concede il permesso di fare gli studi idrografici e di costrurre, ove occorra, nell'alveo del corso d'acqua le opere provvisorie ed instabili che si reputeranno necessarie per le misure di portata e per le osservazioni idrometriche, assegnando un termine fisso ed improrogabile, in nessun caso superiore a 18 mesi (*), per la presentazione della domanda di concessione.

« Il Decreto Prefettizio che darà questo permesso dovrà essere pubblicato non soltanto nel « Bollettino Ufficiale della R. Prefettura », ma anche (e ciò a cura del richiedente e sotto pena di decadenza dal diritto di prelazione) in due giornali del capoluogo della Provincia.

« Prima che sia spirato il termine sovra indicato, dovrà essere presentata la domanda di concessione accompagnata dal progetto particolareggiato, cioè costituito da tutti i documenti indicati nell'allegato *B* del vigente Regolamento.

« Alla domanda ed al progetto sarà data la massima pubblicità con avvisi pubblicati nel Bollettino Ufficiale della Pre-

(*) Nel termine di 18 mesi si hanno due periodi di magra sufficienti per la determinazione della portata minima del corso d'acqua.

fettura e nei giornali, come sopra si è indicato pel permesso di ricerca.

« Approvato il progetto e compiuta l'istruttoria, il Prefetto invita il richiedente a presentare, entro un termine fisso, documenti atti a dimostrare che egli possiede i mezzi necessari per attivare la chiesta concessione, e quando riconosca ciò dimostrato, lo invita a firmare il disciplinare entro breve termine.

« Non presentando nel termine stabilito i documenti ora accennati o non presentandosi alla firma del disciplinare, il richiedente decade da qualsiasi diritto di prelazione o di indennità, il progetto gli viene restituito e resta libero il campo per qualsiasi altra domanda di derivazione relativa al tronco di corso d'acqua oggetto della sua domanda.

« Qualora invece, visti i documenti presentati, il Prefetto, ed in caso di appello il Ministero, non credano di dare al richiedente la concessione e questa venga chiesta da altri che abbiano i requisiti necessari, dovrà il concessionario pagare al primo richiedente, a compenso delle spese sostenute, una somma da stabilirsi o d'accordo o da tre arbitri nominati uno per parte ed uno dal Prefetto ».

Con queste disposizioni di Legge o di Regolamento, l'accaparramento resta assolutamente impossibile, perchè chi domanda la concessione o dimostra di avere i mezzi di attuarla, ed allora non è un accaparratore e deve avere la preferenza avendo il merito di aver ideato e studiato una derivazione cui forse nessuno pensava prima di lui, o non ha i mezzi ed ha chiesta la concessione soltanto nella speranza di rivenderla, ed in tal caso coloro che trovano conveniente di attuarla e ne hanno i mezzi, non sono più costretti a passare per le forche caudine dell'accaparratore se le sue pretese per la cessione sono esagerate.

Basterà che, avuta conoscenza del progetto, si presentino essi pure come concorrenti per la concessione in base allo stesso progetto o con varianti, purchè presentate in tempo utile perchè siano messe in istruttoria contemporaneamente al progetto del primo richiedente.

Invece d'una somma enorme per acquisto della concessione, il con-

corrente non avrà da sborsare che una somma equivalente alla spesa che egli avrebbe incontrato se avesse fatto eseguire il progetto e gli studi che egli trova già eseguiti dal primo richiedente.

Con questo sistema non solo si eviterebbe completamente l'accaparramento, ma si impedirebbe anche la speculazione che si pratica ora assai soventi a danno di industriali che hanno già opifizi mossi da derivazioni che non assorbono tutta la portata minima del corso d'acqua.

Infatti, col sistema ora indicato, non sarebbe più possibile a persone sprovviste di capitali di fare domande di concessione di derivazioni d'acqua col solo scopo di indurre i proprietari di opifizi già esistenti ad acquistare queste nuove concessioni, spaventandoli col pericolo di impedimento a futuri aumenti di portata del vecchio canale che dà vita al loro opifizio.

Io sono quindi d'avviso che soltanto col limitare il diritto di prelazione creato coll'art. 8 del Regolamento, imitando ciò che si pratica nelle concessioni di miniere pel giusto compenso al primo richiedente, si arriverà a reprimere l'abuso dell'accaparramento, senza intralciare la benefica utilizzazione delle forze motrici idrauliche per le industrie e per l'agricoltura.

Se per eliminare l'accaparratore o lo sfruttatore si ricorrerà agli espedienti di limitazione del diritto di cessione delle concessioni, di aumento esagerato del canone, e, quel che è peggio, alla precarietà delle concessioni, si darà un colpo mortale alle industrie ed all'agricoltura: si imiterà quel selvaggio che, volendo liberare l'amico dormiente da una mosca che lo molestava sulla fronte, lasciò piombare sulla mosca un grosso macigno, schiacciando collo stesso colpo la mosca e l'amico.

Dissi che il colpo mortale lo risentirà non soltanto l'industria manifatturiera, ma anche l'industria agricola, ed è facile il riconoscere che anzi questa ne soffrirà più di quella.

Infatti l'industria agricola ha bisogno oggigiorno di forza motrice per la coltivazione intensiva, per le operazioni di trebbiatura ed aratura e per gli esaurimenti d'acqua nelle bonifiche di terreni paludosi.

La mancanza di combustibile a buon mercato ha impedito sinora da noi l'impiego di forza motrice su larga scala nei lavori agricoli, ed è perciò che sinora la coltura intensiva è poco estesa in Italia.

Il trasporto di forza motrice a grande distanza per mezzo delle correnti elettriche permetterebbe ora in Italia l'impiego delle forze idrauliche ricavate dai corsi d'acqua grandi e piccoli che si scaricano nei mari che la circondano, nel prosciugamento e coltivazione degli im-

mensi terreni paludosi ed incolti che rendono quasi inabitabili le rive di questi mari.

Ma se aumentando il canone da lire 3 a lire 10 o più si caricherà il cavallo-motore elettrico trasmesso a distanza di una spesa che supera le 18 lire pel solo canone e colla precarietà delle concessioni e colla limitazione del diritto di cessione, si aumenterà di molto l'alea già inerente a queste operazioni, si farà tramontare, prima ancora che sorga, la redenzione delle nostre terre incolte e paludose per mezzo della forza motrice delle nostre acque.

Si seguiterà quindi ad asciugare *tasche e maremme* col sistema attuale delle macchine a vapore che fanno esulare quasi tanto oro per l'acquisto del combustibile quanto se ne risparmia coll'accresciuta produzione del grano, quindi con risultato assolutamente nullo, quando non è negativo, per l'economia nazionale.

Nella seduta del 24 aprile u. s. della Camera dei Deputati, discutendosi una mozione dell'on. Crespi, relativa appunto alle derivazioni d'acque pubbliche, furono emessi da alcuni egregi Deputati dei concetti che meritano qualche commento.

Si affermò la convenienza di trattenere il movimento industriale perchè sottrae i capitali all'agricoltura, la necessità di assicurare le grandi forze idrauliche allo Stato e di arrestare il febbrile movimento industriale per evitare la riproduzione delle dolorose crisi passate dall'industria italiana.

Chi osserva con attenzione come nacque e si sviluppa la coltivazione intensiva delle terre nei paesi ove prospera rigogliosa, non ignora che questi paesi divennero prima ricchissimi in grazia del commercio e dell'industria manifatturiera e poi applicarono i capitali esuberanti, e desiderosi di rimunerazione non tanto lauta ma sicura, nella coltivazione intensiva della terra.

L'Olanda ha trasformato in ricche praterie le sue sabbie ed i suoi mari interni dopo essersi arricchita nei commerci di oltremare: l'Inghilterra e la Francia dalle industrie e dal traffico coloniale hanno ricavato gli enormi capitali che impiegano nella coltivazione delle terre.

Non è mettendo inciampi allo sviluppo delle altre industrie che si possono far convergere i capitali di un paese che n'è deficiente verso l'industria agricola; ciò facendo si otterrà soltanto il risultato di immobilizzarli nelle Banche a benefizio del commercio o di spingerli all'acquisto di rendita dello Stato.

Per assicurare le forze idrauliche allo Stato non occorre nessun provvedimento di leggi speciali, perchè l'articolo 427 del Codice Civile già assegna al Demanio pubblico i fiumi ed i torrenti.

Se poi per assicurazione delle forze idrauliche allo Stato s'intende che lo Stato costruisca lui i grandi impianti idroelettrici, basterà ricordare l'infausto periodo della costruzione delle ferrovie fatta direttamente dallo Stato, causa prima del grave dissesto economico che tuttora ci opprime, perchè si abbia a desiderare piuttosto l'assoluta inutilizzazione delle acque pubbliche anzichè una seconda edizione di ciò che il venerando Saracco così bene definì: « il carnevale degli appaltatori ».

La peregrina idea d'arrestare il febbrile movimento industriale per evitare la riproduzione delle crisi industriali, come efficacia è indiscutibile, ma ricorda troppo quel famoso medico il quale curava le indigestioni col digiuno assoluto.

Concludendo, io esprimo il voto che nella nuova legge che sta per essere presentata al Parlamento per regolare le future derivazioni di acque pubbliche si trovi modo di conciliare i bisogni dell'industria, sia manifatturiera che agricola, colla necessità di reprimere gli abusi che si lamentano attualmente, ed esprimo pure il parere che questo risultato si potrà facilmente ottenere coll'applicazione dei provvedimenti suggeriti nell'Ordine del giorno sovra ricordato che fu votato nella riunione del 14 giugno 1899 dalla Società degli Ingegneri ed Architetti di Torino e dalla Sezione di Torino dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, adottando per le concessioni d'uso delle acque pubbliche il sistema che è in vigore per la concessione delle miniere da oltre quarant'anni, senza aver dato luogo a nessun grave inconveniente.

N. 19.

ALCUNE CONSIDERAZIONI SUL RISCALDAMENTO ELETTRICO DEI LOCALI DI ABITAZIONE

LETTURA

del Socio Ing. CARLO MONTÙ

fatta alla Sezione di Napoli la sera del 21 maggio 1902

Il mio debito verso questa spettabile Sezione era tempo ormai che venisse soddisfatto: indugiavo e, francamente, alle prese col pochissimo tempo disponibile, avevo rinunciato a tenere una conferenza cosidetta popolare, perchè per affrontare un uditorio speciale, quale quello che per le predette conferenze è uso invitare, parevami di non poter coscienziosamente arrivare a coordinare dati ed esperimenti necessari, ma poichè con le nuove comunicazioni quindicinali vuole iniziarsi un periodo di lavoro forse meno clamoroso, ma altrettanto proficuo se non di più, mi sono affrettato a raffazzonare queste poche idee, che mi permetto esporvi e che se incontreranno favore mi incoraggieranno ad intraprendere più tardi sistematiche e concludenti ricerche al riguardo.

Tenendo conto di queste giustificazioni, io vi prego di prestarmi benevole attenzione ed entro in materia.

Per averlo sentito a ripeter sempre e perchè ragioni di opportunità e di necessità consigliano di non contradire, noi siamo soliti ad affermare che i paesi di riviera, franco-liguri e italiani sono anche d'inverno in ininterrotta primavera: i nostri predecessori che mal disponevano di mezzi per una comoda vita pratica ci lasciarono in questi paesi, case senza canne, ambienti tutti mancanti di qualsiasi sistema di riscaldamento e ventilazione artificiali, affidando tutte queste importanti funzioni della vita umana al grande calorifero celeste, alla brezza

marina invero frequente e saluberrima, purificatrice. E con questo pertanto a Nizza, a Genova, a Napoli ed in altri di questi splendidi paesi vi sono e sono state da tutti certamente sentite giornate fredde di tramontana, nelle quali fa forse più freddo in casa che all'esterno, ed in casa appunto si soffrono i tormentosi effetti delle correnti d'aria stabilite fra gli inevitabili spiragli delle finestre, le cui intelaiature per la secchezza dell'aria di tramontana si restringono. Provvedere quindi ad un riscaldamento pronto, sicuro e regolabile saltuariamente io lo reputo uno dei più importanti problemi dell'edilizia moderna che, massime in questi paesi, in via di trasformazione e di risanamento, vanno ricostruendosi e quindi devono informarsi a tutti quei dettami estetici ed organici, imposti dalla comodità e dall'igiene per le nuove case d'abitazione.

*
* *

In tali paesi, riscaldamenti locali con caloriferi ad aria calda disposti nelle case stesse, e di potenza quindi limitata, non sono convenienti giacchè importerebbero, non solo una spesa considerevole e per massima parte improduttiva di primo impianto (circa una metà del valor locativo dell'alloggio cui s'intenda adibito), ma anche una non trascurabile spesa di manutenzione trattandosi di parti metalliche, deteriorabili al massimo grado dai vapori di acqua salata.

È evidente d'altra parte che la spesa di esercizio per il consumo di combustibile salirebbe alquanto e forse la parte di essa competente al tiraggio dell'apparecchio e a portarlo a regime supererebbe o quasi la parte competente alla produzione della quantità di calore desiderata e richiesta per temperare e precisamente aumentare di pochi gradi la temperatura degli ambienti.

Nei moderni grandi quartieri di case da pigione si installano nei paesi nordici e freddi uno o più apparecchi per riscaldamento centrale e con tale sistema che può farsi ad aria, a vapore, ad acqua od a fluido misto ponendo l'apparecchio in luogo isolato e rustico si raggiungono i grandi vantaggi di economia di impianto (la spesa oscilla da 1/10 ad 1/20 del valore capitale del fabbricato), nel personale fuochisti di governo, pulizia negli alloggi lontani dall'apparecchio e riscaldamento uniforme.

Nei paesi di riviera pertanto questi vantaggi scemerebbero completamente, gli inconvenienti anzi accennati per un sistema di riscaldamento locale aumenterebbero d'assai senza contare poi che le case in tali paesi si fanno, e non senza ragione, con scantinati bassi e originariamente sempre umidi, sicchè se non per altro potrebbero difficil-

mente gli apparecchi di riscaldamento centrale trovar il loro posto naturale.

Provvedono certamente bene ad un riscaldamento saltuario le francline, le stufe, i camini ordinari e quelli a ventilazione, e sono tutti apparecchi di facile e possibile installazione.

Senonchè le francline e le stufe sono assai poco economiche e richiedono sempre tubi che non si conciliano molto bene colle svelte linee di una decorazione moderna, sono d'altra parte ingombranti e non sempre igieniche.

Quanto ai camini è noto a tutti esser dessi gli apparecchi pei quali si richiede la massima spesa di combustibile, utilizzandosi in essi appena quella minima porzione del calore della combustione che il combustibile irradia all'esterno e che da esso si distribuisce, in modo molto disuniforme nell'ambiente.

Il noto inconveniente poi dei camini derivante dalle fastidiose correnti d'aria in gran copia richiamate dal camino, assume in paesi marittimi, ove sono frequenti e quotidiani i venti e conseguenti naturali gli spiragli fra le intelaiature fisse e mobili delle finestre, un'importanza grandissima.

Questa, aggiunta alla difficoltà pratica di avviare la combustione in un'ora qualunque della giornata se vi sia vento all'esterno, o la sommità della canna sia riscaldata dal sole, o la canna murale sia completamente raffreddata, fa sì che il caminetto ordinario sia da proscriversi in questi paesi.

Risolve certamente il problema di un riscaldamento relativamente economico, locale e parziale, saltuario e pronto il gaz; ma prescindendo anche dal pericolo che il gaz d'illuminazione presenta congenitamente per sè stesso sempre, devesi osservare che il gaz d'illuminazione ordinario non è certo, anche se depurato come gli ordinari capitolati municipali lo prescrivono, un combustibile igienico e sopratutto inteso proprio nell'impiego di riscaldamento di ambienti non sono estetici i suoi apparecchi di riscaldamento. Potrebbe utilmente e igienicamente essere sostituito da gaz d'acqua o da altre miscele di gaz calorifici, ma ripeto: questo solo per quanto ha tratto al riscaldamento dei locali abitati e non per ciò che si riferisce agli svariati usi domestici e di cucina e di toeletta, nei quali certamente il gas non teme concorrente e risponde perfettamente alle esigenze della vita moderna.

*
* *

Se tutti i sistemi di riscaldamento predetti non rivestono quei caratteri che io dissi essere indispensabili e fondamentali per provvedere e rimediare ai troppo facili sbalzi di temperatura che si verificano in questi paesi anche in una sola mezza giornata, mi sia permesso discutere ora del riscaldamento isolato, parziale, locale, elettrico, fatto con piccoli elementi, ripetendo ancora che le conseguenze cui io arriverò, non intendo generalizzarle per riscaldamento, nè di interi quartieri, nè di pubblici e privati grandiosi locali, nè tanto meno estenderle a quegli apparecchi di riscaldamento di uso domestico che abbondano ormai e che se possono formare arredo di suppellettili non sempre utili, ma curiose e nuove di qualche milionario eccentrico, non sono certo economicamente consigliabili a famiglie, ad aziende domestiche ordinarie.

*
* *

L'energia elettrica trasformasi in energia calorifica: tutti gli apparecchi nei quali vuolsi usufruire di questa trasformazione sono costituiti in modo per cui essa avvenga al passaggio della corrente elettrica attraverso a fili metallici di piccola sezione relativamente alla corrente massima che devono portare, aventi quindi grande resistenza; oppure si manifesti per la produzione di arco voltaico, oppure anche per irradiazione del calore sviluppato da filamenti di speciali lampade ad incandescenza.

Tre serie quindi di apparecchi, nei secondi dei quali, notiamo subito, è ottenuto naturalmente l'effetto piacevole, tanto decantato pei caminetti, di vedere la fiamma; nei primi ciò si può pure ottenere aggiungendo qualche lampada ad incandescenza opportunamente mascherata.

È indiscutibilmente molto più facile, più presto fatto e più comodo manovrare un interruttore che accendere, avviare e sorvegliare un apparecchio ordinario di riscaldamento: è certamente poi economico spendere anche il doppio, ma per poche ore, che dover mantenere acceso per una giornata intera un focolare ordinario da utilizzarsi solo per pochissime ore: è evidente che sarà maggiore la quota di manutenzione per un apparecchio usato a lungo, anzichè per un elemento elettrico che non solo usasi poco, ma che potendo facilmente smuoversi e trasportarsi da un locale ad un altro tien posto di due o più apparecchi: senza rilevare poi i vantaggi riguardanti la pulizia della casa non infestata dalle polveri di combustibili, è chiaro che il riscal-

damento elettrico dà modo di ottenere una temperatura molto più costante, che non si possa avere da un apparecchio ordinario, è facile a modificarsi con semplice manovra di un interruttore che modifichi il numero delle resistenze poste in circuito e quindi convenientemente uno dei fattori che entra a produrci la quantità di calore richiesta dall'apparecchio.

Aggiungasi che col riscaldamento elettrico non si ha alcuna emanazione nociva, pel qual fatto certo il riscaldamento elettrico se non più facile di quello a gaz, è di esso più consigliabile per l'igiene dei locali abitati, mentre è degli ordinari caminetti e francline più igienico pel fatto che con esso non si ha d'uopo di canne di esito dei prodotti della combustione e quindi non si manifestano per esso, negli ambienti riscaldati elettricamente, quelle dannose e fastidiose correnti d'aria fredda.

Occorre pertanto studiare ora la questione dal punto di vista del rendimento termico e per ultimo discutere sui prezzi dell'energia elettrica.

Tale rendimento risulta evidentemente dal prodotto di quelli della motrice per quello della dinamo generatrice della corrente utilizzata, osservando che per il caso di energia elettrica generata da carbone, bisogna moltiplicare pure per i rendimenti della combustione e della caldaia.

Ora il rendimento di una buona dinamo può salire anche a 90 0/0; quello della combustione e della caldaia sarà al massimo 75 0/0; quello di una motrice a vapore è circa 0,21 (tra le temperature di 100 e 180°) e quello di una motrice idraulica 0,80 circa, sicchè il rendimento della trasformazione totale sarà rispettivamente di

$$0{,}75 \times 0{,}21 \times 0{,}90 = 15\ 0/0,$$

$$0{,}80 \times 0{,}90 = 72\ 0/0.$$

D'altra parte per ogni Joule si sviluppano 0,24 piccole calorie e quindi per 1 Kw.-ora

$$0{,}240 \times 3600 = 864 \text{ grandi calorie.}$$

Ora 1 Kw.-ora può costare il consumo di 1 kg. di carbone che pel suo potere calorifico medio può sviluppare circa 6000 calorie. Con energia elettrica prodotta da motrice a vapore si verrebbe quindi ad

utilizzare mediamente 6000 : 864, cioè soltanto 15 0/0 del calore, che, per semplice combustione, può sviluppare una data quantità di carbone. Ecco quindi come *a priori*, il riscaldamento elettrico debba, in linea generale e per considerazioni economiche, ritenersi possibile solo quando il costo di produzione dell'energia elettrica sarà di molto diminuito, come può conseguirsi con motrici idrauliche.

Esaminiamo ora i vari tipi di stufe.

Elementi della prima specie, cioè a resistenze metalliche filiformi tali da consumare

0,5 , 0,9 , 1,1 Kw.

se del modello più piccolo: essi servono, qualora un vero e completo considerevole riscaldamento si voglia fare elettricamente, per riscaldamento di ambienti da 5 a 15 mc. di capacità.

Per ambienti più ampii, cioè circa doppi, trovansi in commercio radiatori che consumano 2,2 Kw. in media ed elementi a resistenze variabili consumanti da

1,1 a 3,5 Kw.

E finalmente poi la Casa A. E. G. costruisce degli speciali radiatori a nervature consumanti

5,5 , 11 , 22 Kw.

e sufficienti al riscaldamento di locali di 100, 200 e 400 mc. di capacità.

Elementi della seconda specie, cioè costituiti da lampade ad arco, vengono pure costruiti di diversa dimensione, ritenendo come dato empirico che ogni elemento di due archi consuma 2 Kw. ed è sufficiente pel riscaldamento totale di una capacità di 20 mc.

Gli archi impiegati pel riscaldamento differiscono da quelli ordinari di illuminazione, inquanto l'arco non si produce fra due cilindri di carbone, ma bensì fra un cilindro di carbone ed uno di rame collegato metallicamente ad una piastra che ha l'ufficio di ripartire con una certa uniformità il calore prodotto. Gli archi poi sono circondati da una superficie metallica che funge da involucro ermetico in modo da sottrarre i cilindri, fra i quali si formano, dal contatto dell'aria esterna e ridurne così il consumo derivante dall'ossidazione. Il consumo dell'elettrodo di rame è minimo e non lo si deve ricambiare che dopo un lunghissimo servizio.

Gli elementi della terza specie, sono costituiti con lampade ad incandescenza di costruzione speciale, nelle quali il filamento di grosso diametro e di grande lunghezza non è portato all'incandescenza, ma

soltanto al color rosso nascente. Ciò gli permette tuttavia di assorbire una grande quantità d'energia elettrica perchè la sua resistenza a più bassa temperatura è maggiore, e per conseguenza può dissipare una grande quantità di calore.

Tali lampade ad incandescenza molto più lunghe delle ordinarie si costruiscono ad 1 o 2 filamenti e consumano 250 watt, per ogni filamento, con 110 volt.

Gli apparecchi con esse costituiti, si compongono di 3, 4, 5 lampade disposte avanti ad una specie di ventaglio metallico riflettore che ha l'ufficio di irradiare quasi completamente tutto il calore prodotto.

Tali elementi, specialmente destinati a piccoli ambienti, consumano quindi:

0,75 , 1,0 , 1,25 Kw.

se ad un solo filamento;

1,5 , 2,0 , 2,5 Kw.

se costituiti da lampade a doppio filamento.

*
* *

Da quanto si è detto consegue che i costruttori di tali radiatori ritengono in media che per riscaldare una capacità di 20 mc. occorrono 2 Kw.

Noi potremo, per riferirci ad un caso medio ordinario, considerare un ambiente di dimensioni comuni:

$$\text{m. } 4 \times 4 \times 5 = 80 \text{ mc.}$$

pel riscaldamento del quale possiamo empiricamente dire occorre un radiatore a due archi che consuma quindi circa $\frac{80}{20} = 4$ Kw.

Sapendo che l'equivalente meccanico del calore è 0,24, noi diremo che il nostro radiatore, il quale consuma 4 Kw. di energia elettrica' produce:

$$4 \times 0{,}24 = 0{,}96 \text{ calorie al minuto secondo,}$$

e quindi:

$$0{,}96 \times 60 = 57{,}6 \text{ calorie in } 1'$$

e quindi:

$$57{,}6 \times 60 = 3456 \text{ calorie in un'ora.}$$

Ritenendo che l'aria ambiente abbia un calore specifico a pressione costante $c_1 = 0{,}238$, e una densità 1,293 prossima cioè a quella ch'essa

avrebbe a 0°, ricavo che (non tenendo dapprima conto del coefficiente economico del radiatore e delle perdite per trasmissione attraverso ai muri e per dispersione fra i mobili dell'ambiente), la quantità necessaria per elevare di un grado la temperatura è espressa da:

$$0{,}238 \times 1{,}293 \times 80 = 25 \text{ calorie.}$$

Se per una moderata e naturale rinnovazione dell'aria nel locale mantenuta da un richiamo d'aria attraverso agli spiragli delle finestre, si ammette il ricambio d'aria fatto tre o quattro volte all'ora, cioè che il volume d'aria da riscaldarsi in un'ora sia:

3 o 4 volte 80 mc.

con che mediamente si tien conto delle pratiche regole suggerite dal Morin per locali di capacità e di destinazione dei quali io intendo qui parlare, si avrà che la quantità oraria di calore da somministrare in ogni ora al locale per elevarne la temperatura di 1° è di:

$$25 \times 3 = 75 \text{ calorie, oppure } 25 \times 4 = 100 \text{ calorie,}$$

che riterrò per un calcolo di massima.

Se poi si tien conto del calore disperso e trasmesso, si avrà in totale mq. 112 di superficie trasmettente, alla quale assegnando mediamente un coefficiente di trasmissione 0,75, atteso il considerevole spessore dei muri dei fabbricati in questi paesi, si ottiene:

$$112 \times 0{,}75 = 84 \text{ calorie all'ora}$$

per ogni grado di aumento di temperatura, che io arrotondo in altre 100 calorie computando a 16 calorie quelle assorbite dai mobili e suppellettili.

Dirò dunque che la quantità totale di calore Q da somministrare in ogni ora al locale per elevarne di 1° la temperatura è di:

$$\text{calorie } 100 + 100 = 200.$$

Ora la stufa elettrica da noi presa in esame, cioè di 4 Kw. di potenza massima, produce in un'ora 3456 calorie; se si ammette, come è logico ammettere, che il coefficiente economico sia per questo sistema di riscaldamento il massimo, tenuto conto del modo diretto col quale l'irradiazione si produce, potremo dire, riferendoci a valori medii desunti dalle tabelle e dalle formole di Dulong e Petit, di Péclet e di Valerius, ammettendo una superficie irradiante costituita da lamiera di ferro ondulato ($s = 3{,}17$) di area circa 1 mq. alla temperatura di

200⁰ circa, mentre la temperatura ambiente sia di 10°, che il calore ceduto per irradiazione in un'ora sarà:

$$W_i = F\,W_1 = 1 \times 125\,s\,(1{,}0077^{t_1} - 1{,}0077^{t_2}) =$$
$$= 1 \times 125 \times 3{,}17\,(4{,}637 - 1{,}080) = 1500 \text{ calorie circa.}$$

Quello ceduto per conduttività sarà:

$$W_c = F\,W_2 = 1 \times 0{,}55\,b\,(t_1 - t_2)^{1{,}233} =$$
$$= 1 \times 0{,}55 \times 5\,(190)^{1{,}233} = 1700 \text{ calorie circa.}$$

In complesso e mediamente, 3000 almeno delle predette calorie hanno un reale effetto utile ed entrano realmente in giuoco per provocare l'aumento di temperatura richiesto.

Se per ottenere un aumento di un grado di temperatura occorrono 200 calorie all'ora, il nostro radiatore potrebbe servire per mantenere la temperatura dell'ambiente in una condizione permanente di funzionamento sopraelevata di fronte all'esterno di $\frac{3000}{200} = 15°$. Nelle prime ore di funzionamento l'effetto utile sarà certamente minore se si supponga che gli oggetti contenuti nel locale o le sue pareti abbiano una temperatura notevolmente più bassa di quella che si desidera.

Senza riferirmi a costo di qualsiasi entità per l'energia elettrica, quale può al massimo ottenersi oggidì, io escludo senz'altro la convenienza del riscaldamento elettrico nei casi dove occorra rimediare sovente a così forti sbalzi di temperatura. Osservo però che usando radiatori a resistenza propriamente detta o a lampade ad incandescenza nei casi di oscillazioni più limitate, si potranno regolare le cose in modo che nella prima fase o d'avviamento, cioè per un breve periodo durante il quale si voglia ottenere un primo sensibile aumento di temperatura, rimanga inserita tutta la resistenza in circuito, ma in seguito si venga a ridurre il numero di resistenze o di lampade per modo da non consumare che quella minore quantità di energia che è richiesta per mantenere il regime.

Così, supponendo di voler aumentare la temperatura dell'ambiente di 2° circa, basterà tenere in circuito una resistenza di molto inferiore, pari a quella contenuta nei radiatori a resistenza del modello minimo e che consumano 0,5 Kw. Avremo in un'ora la produzione di

$$0{,}5 \times 0{,}24 \times 3600 = 432 \text{ calorie,}$$

di cui circa 400 utili e cioè sufficienti per sopperire alle 200 × 2

lorie richieste per aumentare di due gradi la temperatura dell'ambiente e provvedere agli scambi di calore coll'esterno.

Con resistenza maggiore e tale da consumare:

1,1 Kw.,

come è il secondo tipo del radiatore a resistenza metallica, si può elevare la temperatura di 4° circa, ed io credo che in questi casi o di poco divergenti soltanto, e solo poi per un riscaldamento intermittente, sia per ora allo stato dell'industria elettrotecnica possibile parlare di pratica convenienza del riscaldamento elettrico.

All'estero il riscaldamento elettrico così inteso e fatto con queste proporzioni ha preso molta voga, e questo conseguì specialmente dalle facilitazioni che le Società produttrici d'energia elettrica accordarono agli utenti nei prezzi di consumo e nell'eseguire a proprie spese gli impianti relativi, che per la loro potenzialità domandano un maggior diametro dei conduttori, ed abbisognando di uno speciale conteggio, devono essere distinti da quelli dell'illuminazione.

Anche da noi, e qui in Napoli sopratutto, le Società produttrici dell'energia elettrica hanno per sistema di eseguire gl'impianti a proprie spese, sottoponendo poi l'utente ad un pagamento mensile di tassa di manutenzione corrispondente alla quota d'ammortamento del capitale investito nell'impianto; per questo riguardo quindi il problema del riscaldamento elettrico è risoluto.

Circa ai prezzi è evidente che nè gli attuali fissati per l'illuminazione, nè quelli praticati nelle tariffe per forza motrice sono convenienti per introdurre e favorire l'impiego del riscaldamento elettrico su vasta scala. Questo diventerà praticamente adottabile e non sarà più proibitivo nel caso soltanto che un moderato riscaldamento intermittente venga mediamente a costare ciò che costa l'impiego degli ordinari ventilatori elettrici ormai entrati nella pratica e generalizzata applicazione, che l'energia elettrica venga per questo scopo a costare cioè non più di 0,02 cm. all'Ewora al massimo; con tale tariffa si potrà elevare di due gradi la temperatura d'un ambiente comune di 80 mc. di capacità colla spesa di circa L. 0,10 all'ora, di 4 gradi colla spesa di L. 0,20, e così proporzionalmente fino a 5 gradi d'aumento, oltre il quale sbalzo di temperatura io ho premesso non essere oggi dimostrata la convenienza del riscaldamento elettrico.

In questi splendidi paesi ove Iddio ha concesso un clima mite generalmente e solo in pochi giorni d'inverno, rigido o piuttosto meno tiepido; qui pertanto ove gli sbalzi del clima stesso sono rapidi e

frequenti, io mi permetto di affermare, in base a quanto sono venuto esponendo, che un razionale ed adeguato sistema di riscaldamento elettrico, chiamerò così, di compensazione, deve trovare il suo tipico impiego a colmare le piccole deficienze di sole (*che qui non deve mancar mai*) a rimediare agli abbassamenti di temperatura che si verificano nell'interno delle case solo allorquando attraverso ai muri si è già compiuta una prolungata trasmissione di calore fra l'interno e l'esterno.

***

Mi si potrà obbiettare che col gas si può ottenere lo stesso effetto con minor spesa, ed io non lo contesto, ma mentre il gas può mantenere il primato per gli usi domestici di cucina e di toeletta, il vantaggio di minor costo è però per esso paralizzato dall'inconveniente gravissimo di lasciar spandere nell'ambiente i prodotti della combustione; questi corrompono l'aria, massime se contengono, come solitamente, dell'anidride solforosa, la quale rovina poi anche le parti metalliche dei serramenti e le vernici delle pareti, dei soffitti e dei quadri.

Allorquando il riscaldamento elettrico sia entrato negli usi di questa popolazione, potranno qui, come altrove i fiorenti opifici industriali metallurgici per la fabbricazione dei grandi caloriferi, termosifoni, ecc., nascere industrie speciali per la costruzione dei suaccennati elementi che devono certamente trovar largo impiego nelle ordinarie famiglie, negli alberghi e negli uffici, potendo essi sostituire con non lieve vantaggio le stufe economiche, di cui le canne sporgenti dalle finestre deturpano le facciate dei più cospicui palazzi.

Napoli, che vuole iniziare ora il suo risveglio economico ed industriale, che si merita ed a cui io auguro ogni miglior avvenire, deve, per portarsi al grado di civiltà e di perfezionamento già raggiunto dalle altre metropoli, procedere innanzi a passi giganteschi, elettricamente, in tutto. Qui, ove l'energia elettrica è prodotta e distribuita nei modi più razionali e svariati, si deve usare di essa adibendola sotto tutte le possibili ed infinite sue forme per soddisfare alle molte e sempre crescenti esigenze della vita moderna.

Or non è un ventennio che per l'elevatissimo prezzo delle lampadine ad incandescenza, l'illuminazione omonima su vasta scala non si poteva concepire; ormai la lampadina non ha più valore e l'illuminazione ad incandescenza è diventata comunissima anche nei più poveri quartieri paesani. Così il riscaldamento elettrico intermittente che

colle predette clausole e condizioni io ho cercato di dimostrare conveniente, essenzialmente in questi paesi ove sarebbe follia investire forti capitali per installare sistemi stabili di riscaldamento, potrà forse presto, per una possibile e più economica generazione dell'energia elettrica, generalizzarsi anche per quest'impiego più vasto. Esso incontestabilmente apporterà sui sistemi precedenti il grande vantaggio dell'indipendenza di funzionamento, dell'igiene e della sicurezza.

N. 20.

Pregati dal Comitato Esecutivo dell'Esposizione Generale Italiana in Torino, pubblichiamo il seguente

AVVISO DI CONCORSO

al Premio GALILEO FERRARIS

La Commissione pel premio Galileo Ferraris, istituito nel 1898, composta di rappresentanti del Comitato Esecutivo dell'Esposizione Generale Italiana in Torino 1898, della Camera di Commercio ed Arti, della R. Accademia delle Scienze e del R. Museo Industriale Italiano di Torino, ha deliberato di riaprire un Concorso internazionale per il conferimento del premio stesso in occasione della inaugurazione, che avrà luogo nella seconda metà di settembre p. v., del monumento ad erigersi in Torino a quell'illustre scienziato.

Il premio consiste in lire italiane 15.000 e relativi interessi prodotti e producendi dal 1899 sino al giorno dell'assegnazione, e sarà conferito all'autore di una invenzione da cui risulti un notevole progresso nelle applicazioni industriali dell'elettricità.

I concorrenti potranno presentare tanto memorie, progetti e disegni, quanto macchine, apparecchi o congegni relativi alla loro invenzione.

La Giurìa, la quale sarà nominata dalla Commissione anzidetta, avrà i più ampi poteri per far eseguire esperienze pratiche delle invenzioni presentate al Concorso, e dei relativi apparecchi, congegni e macchine.

I concorrenti dovranno presentare le loro domande e consegnare i lavori, le macchine, gli apparecchi e quant'altro concerne la loro invenzione non più tardi delle ore 18 del 15 settembre 1902 alla Segreteria della Commissione, la quale ha sede presso il Comitato Amministrativo della 1ª Esposizione Internazionale d'Arte Decorativa Moderna 1902, nel palazzo della Camera di Commercio ed Arti di Torino, in via Ospedale, 28.

Torino, aprile 1902.

Il Presidente
T. VILLA.

Il Segretario
Avv. P. PALESTRINO.

N. 21.

NOTIZIE

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEZIONE DI TORINO

11 aprile 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione del socio prof.* A. GARBASSO: « *Su la derivazione delle correnti a regime variabile* ».
2. *Discussione e votazione del seguente Ordine del giorno:*
   « *La Sezione di Torino invita la Sede Centrale a porre in votazione nelle Sezioni, a sensi dell'art. 22 dello Statuto, la seguente modificazione all'art. 8 dello Statuto:*
   « *Ogni Sezione verserà alla Cassa della Sede Centrale L. 10 per ogni Socio, sia individuale che collettivo* ».

Presiede il Vice-Presidente prof. L. Ferraris.

Il Presidente comunica l'invito del Municipio di Livorno Piemonte alla Sezione di Torino, di intervenire alla solenne inaugurazione del monumento a Galileo Ferraris. Il prof. Garbasso fa la comunicazione annunciata, vivamente applaudito.

Il Presidente dà lettura della proposta della Sezione di Genova di ridurre la quota dovuta dalle Sezioni alla Sede Centrale a L. 5 per i Soci individuali e a L. 10 per i collettivi. Partecipa la risposta del Consiglio Direttivo, in cui manifestasi l'opinione che tale riduzione sia troppo radicale. Espone la discussione avvenuta in Consiglio e la deliberazione di fare la proposta all'Ordine del giorno. La questione non fu sollevata dalla Sezione di Torino, ma una volta entrati in tale ordine di agitazione, crede opportuno sia risolta immediatamente. La proposta dovrebbe ad ogni modo essere ancora portata innanzi al Consiglio generale che, a tenore dell'art. 19 dello Statuto, ha la competenza per esaminarla. Il Consiglio della Sezione, studiato i bilanci della Sede Centrale, ha creduto trovare sproporzione tra gli obblighi di questa e le sue entrate; perciò propone come esperimento la parità del contributo per i Soci individuali e per i collettivi, che porterebbe una diminuzione di introiti alla Sede Centrale di circa 1000 lire annue, la quale non parve troppo gravosa, dato che in 3 anni furono risparmiate circa lire 13 mila.

Segre fa notare come le Sezioni abbiano verso i Soci obblighi più gravosi che non la Sede Centrale; esse devono provvedere al locale, ai periodici, alla biblioteca, alle esazioni, alla propaganda, ecc. Le spese della Sede Centrale non aumentano in proporzione dell'aumentare progressivo dei Soci. Non devesi stabilire che possa ritenersi intangibile la quota, di cui all'art. 8 dello Statuto. Ad ogni modo

stima opportuno che la questione venga discussa in Consiglio generale, e si eviti l'inconveniente che ogni tanto possa essere risollevata isolatamente da qualche Sezione.

Pinna: Se la proposta ora in discussione potesse avere effetto sul bilancio dell'esercizio in corso, egli, come Segretario generale, crederebbe di doversi astenere dall'interloquire per motivi delicati facili a comprendersi; invece la diminuzione di quota che si proporrebbe alla Sede Centrale, relativamente ai Soci collettivi, non può riferirsi che per gli anni venturi, quando cioè l'Amministrazione dell'Associazione Elettrotecnica Italiana passerà in altre mani. Per questo motivo egli, e per convinzione propria ed anche a nome del Presidente prof. Grassi, di cui scusa la forzata assenza, crede suo dovere di combatterla recisamente esprimendo anzitutto un senso di doloroso rammarico che tale proposta, la quale, mentre apporterebbe un danno di oltre mille lire sul bilancio annuo della Sede Centrale, poco o nessun vantaggio recherebbe alle singole Sezioni, sia partita dalla Sezione di Torino, che ha avuto l'onore di ospitare per tre anni la Sede Centrale e proprio nel momento in cui questa sta per passare in altra Sezione.

Ciò premesso, egli deve ricordare che nell'Assemblea di Roma si apprese con piacere vi fosse un avanzo nel bilancio, perchè ciò rendeva possibile alla Sede Centrale di venire in aiuto alle Sezioni nel provvedere a spese d'interesse generale dell'Associazione, ed in quest'ordine d'idee l'Assemblea deliberò subito di destinare:

1° L. 1000 per premi, riservandosi di aumentare la cifra negli anni successivi;

2° Di aumentare la cifra per l'Assemblea generale a L. 500 per rendere così più facile alle Sezioni meno numerose di accogliere i colleghi e anche questa cifra si dovrà probabilmente aumentare in avvenire.

Il Consiglio generale poi, sempre in vista delle migliorate condizioni finanziarie e per aderire al desiderio più volte espresso dai Soci, ha aumentato il contributo per la pubblicazione delle Memorie e più specialmente per la spesa delle tavole e dei *clichés*.

L'istituzione dei premi darà luogo a maggiore attività per parte dei Soci e quindi a maggiori spese di pubblicazione. Si possono presentare circostanze in cui la Sede Centrale nell'interesse dell'Associazione deve fare spese straordinarie, com'è accaduto in occasione dell'agitazione contro la tassa sull'energia elettrica.

Passando alle conseguenze puramente finanziarie, osserva che i Soci iscritti sono attualmente in numero di 860, dei quali 754 individuali e 106 collettivi. Se venisse approvata la proposta, la Sede Centrale perderebbe L. 1060, mentre il benefizio che ne ricaverebbero le Sezioni non sarebbe certamente proporzionato al sacrifizio che si vuole imporre al bilancio dell'Associazione; si deve poi ancora considerare che alcune Sezioni non ne ricaverebbero utile alcuno e queste sono le più bisognose perchè contano un numero esiguo di Soci, nè hanno molta probabilità di aumentarlo.

Ma egli vuole occuparsi in modo speciale delle condizioni della Sezione di Torino, che è quella da cui parte la proposta. Qui i Soci collettivi sono in numero di 19. I proponenti, mossi dal solo scopo di guadagnare 190 lire alla Sezione, non considerano che portano così alla Sede Centrale un danno di oltre mille lire, che sono molte per il bilancio dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, mentre L. 190 per la Sezione di Torino sono ben poca cosa. Il Consiglio Direttivo potrebbe trovare in altro modo questa somma, se questa occorre assolutamente, e cioè con un leggero aumento nella quota che i Soci collettivi pagano alla Sezione. Non v'ha dubbio che i Soci collettivi, alcuni dei quali pagano più quote (mentre la Sezione

non paga alla Centrale che in ragione di una quota sola) non opporrebbero difficoltà alcuna a vedersi elevata la tangente da 40 a 50 lire, per esempio.

Egli conclude pregando caldamente il Consiglio Direttivo a ritirare la proposta e, nel caso questo vi insistesse, scongiura i colleghi di respingerla.

Il Presidente non comprende il rammarico dell'ing. Pinna, perchè la proposta vien formulata dalla Sezione di Torino. Ripete che questa non avrebbe sollevata la questione, la cui iniziativa è partita da altri. Non si tratta qui neppure del bilancio particolare di essa, ma di una discussione più larga e generale.

Diatto non crede all'efficacia dei premi, nè a quella delle agitazioni e ritiene che le spese della Sede Centrale siano essenzialmente nella pubblicazione degli Atti. Crede inoltre che non sia negli scopi dell'Associazione il tesaurizzare e che spetti ai Soci giudicare sui conti e sulle necessità finanziarie di essa.

Capuccio considera anche l'aumento dei Soci dovuto esclusivamente all'opera delle Sezioni; se queste hanno a disposizione mezzi maggiori è prevedibile un più rapido accrescersi di essi, con notevole vantaggio morale, e compenso per la parte finanziaria.

Artom crede la questione prematura.

Il Presidente ritiene opportuno insistere sulla ragione dell'Ordine del giorno. Il Consiglio ha stimato che la proposta deva essere trasmessa al Consiglio generale, il quale delibererà se portarla o no all'approvazione delle Sezioni, ed è in tale senso che la mette ai voti.

L'Assemblea approva la proposta all'Ordine del giorno con 19 voti favorevoli e 8 contrari.

La seduta viene levata alle ore 23,30.

20 aprile 1902, ore 16. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

Esperienze cogli apparecchi telefonici senza intermediari, sistema di mons. prof. LUIGI CEREBOTANI, *illustrate dall'ing.* C. CHIERICHETTI.

Presiede il Presidente comm. Roberto Cattaneo.

L'ing. Chierichetti presenta gli apparecchi telefonici, sistema Cerebotani, che saranno posti in opera nell'Esposizione d'Arte decorativa moderna. Ne spiega e descrive la costruzione e li fa funzionare, dimostrandone la convenienza in parecchi casi speciali. Dagli intervenuti, molto numerosi, vengono domandati schiarimenti, ai quali l'oratore risponde esaurientemente. L'ing. Chierichetti viene alla fine applaudito.

La riunione si scioglie alle ore 18.

5 maggio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

« *Sulla nuova legge per la derivazione delle acque pubbliche* ». *Lettura del socio ing.* VINCENZO SOLDATI.

All'adunanza intervengono i membri della *Società degli Ingegneri e degli Architetti* e della *Associazione Chimica Industriale*.

Presiede il comm. Roberto Cattaneo.

Il Presidente ricorda l'importanza e la gravità della questione; e poichè essa tocca molteplici interessi di parecchi rami dell'industria e dell'ingegneria, a questa riunione furono convocate tutte tre le Società, unite in *Federazione.*

L'ing. Vincenzo Soldati legge la sua elaborata Memoria, riscuotendo unanimi, calorosi applausi.

Il Presidente propone il seguente Ordine del giorno:

« L'Assemblea, plaudendo alla Memoria dell'ing. comm. Vincenzo Soldati, la fa sua e delibera che essa sia presentata, a mezzo di una Commissione, a S. E. il Presidente del Consiglio dei Ministri e a S. E. il Ministro dei Lavori Pubblici, e venga comunicata ai Membri del Parlamento Nazionale ».

L'Ordine del giorno è approvato all'unanimità.

Vengono eletti a far parte di detta Commissione il comm. Roberto Cattaneo, l'ing. Vincenzo Soldati, l'ing. Vittorio Sclopis, l'ing. Carlo Daviso, l'ing. Enrico Segre e il dott. Cesare Serono.

La seduta viene levata alle ore 22,30.

25 maggio 1902. — Adunanza.

Visita all'impianto idro-elettrico di Cherasco. — Vi presero parte circa 40 Soci: visitate stazioni di trasformazione in Bra, percorsero la linea a pali in ferro fino alla Centrale. Indi il canale verso Narzole e le opere idrauliche. Furono accolti con squisita cortesia e larga ospitalità dal Direttore generale della *Società per lo sviluppo delle imprese elettriche in Italia*, ing. G. Barberis. La riuscitissima gita finì in Cherasco; gli intervenuti fecero ritorno la sera a Torino.

28 maggio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

Esperienze di radiografia e radioscopia, illustrate dal socio dott. CESARE SERONO.

Alla riunione prendono parte i membri della Società degli Ingegneri e degli Architetti, e della Associazione Chimica Industriale.

Il dott. Serono, accennato brevemente all'origine della scoperta dei raggi X fatta dal Roentgen, espone le varie ipotesi che furono espresse intorno ad esse. Indi parla delle loro applicazioni, specialmente alla chirurgia e alla medicina, e di parecchie proprietà fisiche, delle quali si cercò ottenere risultati pratici in casi speciali. Fa osservare parecchie radiografie e compie molti esperimenti di radioscopia. I numerosissimi intervenuti lo applaudono alla fine calorosamente.

SEZIONE DI MILANO.

3 giugno 1902, ore 21,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

Conferenza dell'ing. JONA *sul tema: « Distanze esplosive nell'aria ed in liquidi isolanti ».*

Presiede il Consigliere ing. A. Semenza il quale apre l'adunanza alle ore 21,30 dando la parola all'ing. Jona che intrattiene i Soci sul tema: « Distanze esplosive nell'aria ed in liquidi isolanti ».

Il conferenziere viene vivamente applaudito.

Il Presidente ing. Semenza ringrazia l'ing. Jona della sua interessante comunicazione, ed apre la discussione sulla stessa alla quale prendono parte l'ing. Semenza stesso, l'ing. Carcano e l'ing. Jona.

SEZIONE DI GENOVA.

3 Aprile 1902. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Processo verbale.*
2. *Bilancio consuntivo 1901.*
3. *Comunicazioni della Presidenza:*
   a) Referendum;
   b) *Risposte delle varie Sezioni intorno alla riduzione della quota alla Sede Centrale;*
   c) *Quesiti proposti dal Comitato pel X Congresso degli Ingegneri e Architetti Italiani;*
   d) *Varie.*
4. *Pratiche diverse.*

Sono presenti 12 Soci. Letto ed approvato il verbale della seduta precedente, il Presidente Rumi comunica la nomina a Vice-Segretario del collega Anfossi e l'ammissione a nuovo Socio dell'ing. Aldo Campos.

Viene quindi approvato il Bilancio consuntivo 1901 e si passa a discutere sull'esito del *Referendum* per la pubblicazione del Regolamento sulle norme di sicurezza. Dovendo detto Regolamento, in base alle decisioni prese nell'Assemblea di Roma, venir compilato da Delegati eletti dalle varie Sezioni, si delibera di aspettare che la Sede Centrale mandi istruzioni al riguardo e si dà mandato al Consiglio di nominare, quando occorra, i Delegati.

Si comunicano le risposte delle varie Sezioni intorno alla proposta di riduzione della quota da versarsi alla Sede Centrale e viene dato incarico alla Presidenza di formulare, in base alle diverse opinioni udite, un Ordine del giorno che, previa approvazione del Consiglio, venga trasmesso alla Sede Centrale per esser poi sottoposto alla prossima Assemblea generale.

Si legge poi una lettera del Comitato esecutivo pel X Congresso degli Ingegneri e Architetti Italiani nella quale si chiede il parere dell'A. E. I. intorno a vari quesiti di elettrotecnica. Il Consiglio avendo nominato per studiare la questione una Commissione composta dei soci Sertorio, Anfossi, Campos Gino e Bonanni, questa propone all'Assemblea che vengano date le seguenti risposte:

1. In merito ai quesiti *a)* e *b)*: che, essendo stato deliberato a mezzo di *Referendum*, dalle varie Sezioni dell'A. E. I. che venga studiato e pubblicato un Regolamento sulle norme di sicurezza per impianti elettrici, sarebbe desiderabile che la discussione di quanto può riferirsi ad un Regolamento consimile, venisse rimandata ad un futuro Congresso, quando cioè, sarà pubblicato dall'A. E. I. il Regolamento ora allo studio;

2 In merito al quesito *c)*: che sarebbe certamente interessante la discussione di alcuni fra i temi proposti e più precisamente dei temi 5° e 6°; del primo di questi sopratutto, perchè, non essendo possibile eliminare la terra come conduttore

di ritorno per la trazione, interesserebbe moltissimo poter ovviare agli inconvenienti che si verificano sulle linee telefoniche. Riguardo ai quesiti 1°, 2°, 3°, 4° potrebbe forse bastare una Relazione sullo stato attuale delle cognizioni in proposito:

3. Che l'A. E. I. colga l'occasione per pregare il Comitato a volerle, a suo tempo, comunicare le Memorie e discussioni in proposito ai temi suddetti, onde esserne a conoscenza e, occorrendo, valersene nella compilazione del proprio Regolamento.

Tali proposte vengono approvate all'unanimità.

Il Presidente comunica quindi che il collega ing. G. Campos terrà prossimamente una conferenza sul tema: « Il problema della sintonia nella telegrafia senza fili », e propone che nella stessa seduta, dopo la conferenza, venga aperta la discussione sopra le ultime disposizioni del Governo circa le concessioni di cadute d'acqua.

La proposta è approvata e si toglie la seduta.

16 Aprile 1902. — Adunanza.

Sono presenti il Presidente Rumi e molti Soci dell'A. E. I. del Collegio degli Ingegneri e Architetti di Genova e del Collegio degli Ingegneri Navali e Meccanici, che erano stati invitati con circolare ad intervenire.

L'ing. Gino Campos dà lettura della sua Conferenza sopra: « Il problema della sintonia nella telegrafia senza fili », esponendo i vari tentativi fatti sin qui e facendo risaltare l'importanza della questione.

La Conferenza, illustrata da numerose figure, venne vivamente applaudita, e dopo di essa il Presidente apre la discussione circa le concessioni di cadute d'acqua in seguito alle recenti disposizioni ministeriali. — L'ing. Sertorio espone al proposito alcune considerazioni sopra le richieste attuali di forze idrauliche da parte degli industriali e sulla convenienza che le concessioni non vengano ostacolate se si vuole che esse rappresentino un benefizio per l'economia nazionale, in quanto che male sarebbero utilizzate se si riservassero unicamente per la trazione. Esprime, infine, l'opinione che il concetto informativo della nuova legge debba essere ispirato alla massima liberalità.

L'ing. Rumi riassume quindi le condizioni della legislazione al riguardo, dopo aver dimostrato la ragione per cui in tempo relativamente breve, dal 1865 al 1884, fu necessario rifare la legge, si ferma specialmente sulla Legge del 1884, che non fu ancora sostituita, e parla degli strappi o tentativi di strappi, che per semplici disposizioni ministeriali, ad essa furono fatte, incominciando da quando l'onor. Afan de Rivera lanciò il suo avvertimento a proposito dei tesori non ancora sfruttati che sono nell'immane potenza delle nostre cadute d'acqua, fino alle ultime circolari degli onor. Niccolini e Balenzano. Ricorda il progetto di legge Lacava al cui studio presiedette una Commissione in cui l'elemento ferroviario era numeroso, ma in cui le altre industrie non avevano nessuna parte, all'infuori d'un rappresentante del Ministero d'Agricoltura, Industria e Commercio. A proposito di legge la Sezione di Milano della A. E. I. ed il Collegio degli Ingegneri della stessa città studiarono e pubblicarono una preziosa Relazione, alla quale aderirono pure varie altre Sezioni, fra cui quella di Genova, e che, rilevando lacune e disposizioni vessatorie, influì certamente sulla decisione del Senato, che, con opportune modificazioni, approvò il progetto di legge. — Conchiude col dimostrare la necessità d'uscire dallo stato d'incertezza in cui ci si trova, mediante la pubblicazione d'una legge che dia norme sicure, giacchè quella del 1884 il Governo di fatto non la ritiene più consona alle esigenze attuali.

L'ing. Simonetti tiene a dichiarare che le preoccupazioni del Governo di accaparrare le forze idrauliche per le ferrovie sono esagerate, non potendo per l'esercizio ferroviario essere proporzionato l'utile alle enormi spese, anche per linee a grande traffico, perchè nell'industria ferroviaria l'energia è sperperata. Ricorda al proposito alcuni studi fatti per la trazione elettrica lungo la linea dei Giovi, dove non si può dire che non sia intenso più che altrove il movimento. A suo giudizio il cavallo idroelettrico applicato all'industria privata potrà creare benefici altrimenti considerevoli che non applicato alla trazione, sia dando lavoro ad un numero molto maggiore di operai, sia col favorire nuovi elementi di produzione. È d'accordo coll'ingegnere Rumi che devesi reclamare una sollecita promulgazione della legge che disciplini le concessioni: detta legge dovrà essere improntata alla maggior larghezza di concetti.

L'ing. Figari, del Collegio degli Ingegneri, fa plauso a quanto fu esposto e dice che se l'Associazione chiuderà la presente discussione con un Ordine del giorno, questo deve essere energico e comprendere la raccomandazione che sul progetto di legge debba essere sentito anche il parere degli industriali, che sono i più interessati nella questione.

L'ing. Buffa, della Sezione di Torino, si associa a quanto fu esposto dal collega Simonetti circa la poca convenienza economica di applicare l'elettricità alla trazione ferroviaria a causa delle enormi spese d'impianto e ritiene insussistenti le preoccupazioni del Governo.

Dopo breve discussione viene votato il seguente Ordine del giorno:

« La Sezione di Genova dell'A. E. I., rilevate le illegali limitazioni dell'applicazione della legge sulle concessioni di forze idrauliche recentemente apportate da circolari ministeriali, fa voti di vedere quanto prima promulgata una legge che valga a validamente tutelare i legittimi interessi dell'industria italiana, previa interpellanza anche del ceto industriale ».

A quest'Ordine del giorno aderiscono anche i Soci presenti dei due Collegi degli Ingegneri.

SEZIONE DI ROMA.

4 aprile 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Conversazione « Sui sistemi di distribuzione dell'energia elettrica », per l'ing.* LENNER *(continuazione della discussione iniziata nella seduta del 21 febbraio).*
3. *« Sul funzionamento degli apparecchi per la telegrafia senza fili ». pel prof.* ASCOLI.

È approvato il verbale della seduta precedente.

Il Presidente fa dare lettura dell'Ordine del giorno riguardante le circolari ministeriali 6 e 21 febbraio sulle derivazioni di acque pubbliche, formulato dalla Presidenza della Sezione per incarico ricevuto dall'Assemblea passata.

Su proposta del comm. Dell'Oro, il Presidente acconsente a che nel suddetto Ordine del giorno venga citato il secondo articolo dello Statuto dell'Associazione. Viene approvato nella seguente forma:

Ordine del giorno

formulato dalla Presidenza della Sezione di Roma dell'A. E. I. per incarico ricevuto dall'Assemblea del 21 marzo 1902.

La Sezione di Roma dell'A. E. I., presa cognizione delle circolari 9 e 21 febbraio 1902 inviate dal Ministro dei Lavori Pubblici ai Prefetti ed agli Ingegneri-Capi del Genio civile, e contenenti disposizioni relative alle concessioni di derivazioni di acque pubbliche;

Considerando

1° Che la vantata ricchezza dell'Italia per le sue forze idrauliche diventerebbe illusoria quando il prezzo di produzione del cavallo-idraulico non fosse sensibilmente inferiore a quello del cavallo-vapore;

2° Che i progressi conseguiti recentemente, sia nei sistemi di illuminazione a gas, sia nella produzione di forza motrice mediante i motori a gas povero, permettono di ottenere l'energia a prezzi che vanno sempre più abbassandosi, e perciò il carbone, in gran numero di casi, è ancora in grado di lottare vantaggiosamente con le forze idrauliche;

3° Che le forze idrauliche attualmente utilizzate sono per naturale selezione quelle che si trovano in migliori condizioni di sfruttamento, sia per la minore importanza delle opere di presa, sia per le vantaggiose condizioni locali di distribuzione e di vendita dell'energia;

4° Che tutte le altre andranno in avvenire presentando difficoltà sempre maggiori, sia d'impianto che di utilizzazione;

5° Che malgrado ciò la maggior parte degli impianti esistenti diedero modestissimi benefici alle Società esercenti, salvo alcuni pochissimi in condizioni eccezionalmente favorevoli, che del resto non danno nemmeno utili straordinari;

6° Che ogni nuovo aggravio fiscale, ogni nuovo ostacolo di qualsiasi specie aggraverebbe le difficoltà su esposte, obbligherebbe la maggior parte degli industriali a preferire senza esitazione il carbone, e farebbe dileguare ogni speranza di ulteriore sviluppo delle industrie idroelettriche, le quali in non piccola parte hanno contribuito al risveglio economico del nostro paese;

7° Che la sospensione delle concessioni viene a ledere gravi interessi provenienti da impegni già contratti;

8° Che data tale sospensione, ogni legge che aggravasse i canoni verrebbe in certo modo ad avere un effetto retroattivo sui progetti attualmente in corso, per i quali già da tempo fu presentata domanda di concessione;

9° Che per combattere ogni illecita speculazione che aggravi in misura qualsiasi il vero industriale, si debbono escogitare mezzi che non portino a questo danni ancora maggiori;

10° Che la circolare 9 febbraio equivale alla sospensione ordinata nella successiva circolare del 21, inquantochè contiene condizioni tali che nessun serio industriale potrebbe accettare;

11° Che, a termini dell'art. 2 dello Statuto, uno dei fini dell'Associazione è quello di contribuire allo sviluppo industriale dell'elettrotecnica;

Fa voti

perchè le disposizioni contenute nelle dette circolari (9 e 21 febbraio) vengano sollecitamente revocate, e perchè qualunque sieno le modificazioni della legge vigente sulle derivazioni delle acque pubbliche che il Governo intende presentare

all'approvazione del Parlamento non vengano in alcun modo inasprite le imposte attuali.

Si dà lettura di una lettera d'invito all'inaugurazione del monumento a Galileo Ferraris in Livorno Piemonte.

Il socio avv. Pozzi interroga il Presidente sull'esito della domanda fatta dalla Scuola popolare Galileo Ferraris di essere aiutata dall'A. E. I., e fa voti perchè la questione venga portata all'Ordine del giorno della prossima seduta, rammentando l'utilità della scuola.

Il prof. Ascoli risponde che il ritardo è dovuto al fatto che la questione è ancora sotto l'esame del Consiglio Direttivo.

Il socio ing. Lenner presenta un limitatore di corrente elettromagnetico descritto in una nota separata, che sarà comunicata alla Sede Centrale.

L'ing. Salvadori dubita della praticità dell'apparecchio in caso di più limitatori in parallelo per uno stesso abbonato.

L'ing. Cardarelli obbietta che l'apparecchio possa essere escluso dall'abbonato mettendolo in corto circuito.

L'ing. Lenner risponde al primo che il limitatore è costruito per piccoli impianti e che ad ogni modo l'inconveniente accennato dal Salvadori non si è verificato in pratica, e al secondo che l'apparecchio è messo fuori della portata dell'abbonato.

Il Presidente in seguito parla sul funzionamento degli apparecchi per la telegrafia senza fili. Anche questa comunicazione sarà spedita alla Sede Centrale per la pubblicazione negli *Atti*.

La lettura è seguita con vivo interesse, e alla fine i soci Lenner, Salvadori e Cardarelli domandano schiarimenti circa le differenze fra i sistemi Slaby e Marconi, circa la sintonizzazione degli apparecchi e circa la capacità risultante dal sistema formato dall'asta e dalla terra.

Si decide infine di iniziare nelle sedute successive una discussione sulla trazione elettrica ferroviaria.

18 aprile 1902, ore 21. – Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni.*
2. *Conversazione « Sulla trazione elettrica ferroviaria »* (*Ingegnere* G. GIORGI).
3. *Proposta del socio avv.* POZZI *relativa alla Scuola popolare di Elettrotecnica.*

È approvato il verbale della seduta precedente.

Il Presidente comunica all'Assemblea l'ammissione di due nuovi Soci: Mignani e Bernasconi.

Il socio ing. Giorgi parla della trazione elettrica ferroviaria. Un riassunto della comunicazione sarà inviato separatamente alla Sede Centrale.

L'ing. Nicoli obbietta che i treni di piccola potenza sarebbero un serio impaccio per la trazione ferroviaria dei viaggiatori, poichè se in una linea tramviaria è possibile che in caso di affluenza i viaggiatori non trovino posto, ciò non è lecito nel caso delle ferrovie, dove tutti quelli che hanno acquistato il biglietto hanno il diritto di viaggiare. L'inconveniente si fa più serio in caso di affollamento fuori dell'ordinario per qualche occasione speciale, ed allora egli crede che la trazione elettrica non abbia sufficiente elasticità. Però pensa che si possa non limitare il

treno ad una sola vettura automotrice con un rimorchio, essendosi già sperimentati treni composti con più vetture automotrici in America, regolate tutte dalla sola vettura di testa. Parla inoltre della linea Milano-Varese con terza rotaia, e dice come non si sia avuto alcun inconveniente, e come i due infortuni avvenuti debbono ascriversi a mera disgrazia.

Un leggero inconveniente si è avuto, specie per i cavalli, nel caso di allagamento, ma si è potuto provvedere con un conveniente drenaggio elettrico. In quella linea si sono raggiunti i 111 km. all'ora in una corsa di prova, ma la velocità normale si limita ad 80.

Giorgi risponde che la potenzialità dell'impianto si può far variare col numero di treni.

Il socio avv. Pozzi parla in seguito della necessità di una Scuola operaia di Elettrotecnica; dice che anche al Parlamento fu proposto che gli operai elettricisti avessero un diploma di abilitazione, come attualmente è richiesto per gli operai adibiti al servizio delle caldaie a vapore. Egli crede che in parte questo scopo sia raggiunto dalla Scuola popolare di Elettrotecnica, per cui ha già chiesto l'interessamento della Sezione di Roma, e che questa debba favorire l'incremento e lo sviluppo della Scuola stessa.

Propone quindi che una Commissione nominata dall'Associazione visiti la Scuola, che la Sezione contribuisca per premi da assegnarsi ai migliori allievi ed assuma un interessamento morale per la Scuola stessa.

Il Presidente crede che l'Associazione possa e debba interessarsi di questa istituzione, ma propone che per ora l'Assemblea si limiti a stabilire la visita alla Scuola, e che si riserbi di prendere deliberazioni ulteriori dopo la Relazione della visita fatta.

Si decide che la Presidenza concerti le modalità della visita e che faccia le sue proposte in una delle prossime sedute.

2 maggio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni.*
   Conversazione.
2. *Continuazione della discussione sulle ferrovie elettriche.*
   Comunicazione.
3. *Ing.* G. GIORGI: *Il sistema metro-chilogrammo secondo (supplemento alla comunicazione sulle « Unità razionali di elettromagnetismo »).*
4. *Dott.* R. MANZETTI: *« Misura dei piccoli coefficienti di autoinduzione ».*
5. *Scelta del tema per la prossima riunione.*

È approvato il verbale della seduta precedente.

Il Presidente nell'aprire la seduta constata con piacere la presenza in quella riunione dei professori Grassi e Lombardi e dà la parola all'ing. Giorgi, il quale parla del suo nuovo sistema sulle unità di misura razionalizzate. La comunicazione sarà inviata per esteso per la pubblicazione negli *Atti*.

Il prof. Ascoli ringrazia l'ing. Giorgi per l'interessante comunicazione, e fa rilevare l'importanza di questo nuovo sistema, che pur eliminando i lamentati inconvenienti degli altri ora adottati, non disturba le unità fondamentali dell'uso comune.

Il prof. Grassi dichiara di avere sentito con molto interesse questo nuovo lavoro, in cui il Giorgi spiega meglio e più chiaramente le idee da lui espresse nel passato Congresso, egli dice che ha nominato una Commissione per lo studio del sistema. La Commissione ha già iniziato i suoi lavori, e spera che malgrado le difficoltà inerenti alla quistione, si potrà arrivare presto ad una conclusione.

Proseguendo poi nella discussione della trazione elettrica ferroviaria, l'ing. Nicoli sviluppa più diffusamente le idee da lui espresse nella seduta passata sulla trazione elettrica con la terza rotaia, e pone un'altra quistione.

Nelle linee funzionanti con trazione elettrica ricoprendo i tetti dei vagoni di lamiera metallica, accuratamente collegata colle ruote, vengono eliminati i pericoli pei viaggiatori per il caso della rottura dei fili aerei, che possono venire a cadere sul cielo delle vetture occupate da essi, poichè la caduta di un filo provoca immediatamente un corto circuito e quindi il cessare della corrente. Ora egli domanda: Se per una ragione qualsiasi delle vetture di vecchio modello, che non abbiano questa protezione, potessero essere costrette a percorrere una linea elettrica, e che avvenisse la rottura di un filo, sarebbero soggetti a pericolo i viaggiatori contenuti nella vettura?

Giorgi risponde che, indipendentemente dal pericolo che questo accidente possa causare, tale fatto non si debba verificare che in condizioni assolutamente eccezionali, perchè egli pensa si debba abbandonare l'idea del filo di presa della corrente per venire a qualche cosa di molto più solido come una rotaia sospesa.

L'ing. Nicoli però crede a tal riguardo, che anche ammesso che le linee abbiano fili di fornimento e che quindi vi sia una relativa facilità di rottura, non vi possa essere pericolo a meno di un caso eccezionalissimo, perchè se la rottura del filo alimentatore come è supponibile quando la vettura è in movimento con una certa velocità, il filo che cade non può soggiornare sulla vettura stessa che un tempo straordinariamente breve, forse insufficiente a produrre danni gravi alle persone, a meno proprio di condizioni speciali di umidità delle pareti del vagone. A tal proposito egli cita le esperienze fatte a Milano dai vigili che dirigevano getti di acqua sopra piastre metalliche portate a potenziali sempre crescenti e che avevano potuto senza pericolo sostenere, attraverso il getto d'acqua, il contatto con le lastre, portate fino ad un potenziale di 3000 volt.

Il prof. Lombardi crede però che l'esempio dei vigili, per ciò che riguarda la sicurezza personale, sia poco confortante, perchè l'acqua potabile può essere ritenuta quasi un perfetto isolante per la corrente elettrica, e quindi il getto d'acqua che metteva in comunicazione la lastra a tremila volt col corpo del vigile, non poteva essere riguardato come un conduttore pericoloso. Più grave invece si presenta in certi casi la semplice umidità delle scarpe e della terra, che in tali condizioni funzionano come eccellenti conduttori Egli cita le esperienze fatte dal Weber in Svizzera, sugli effetti fisiologici della corrente elettrica, con riguardo speciale alle condizioni delle parti che vengono a contatto dei conduttori. Mentre si può toccare impunemente un conduttore anche a potenziale elevatissimo, quando si poggi su un luogo perfettamente asciutto e si abbia le mani asciutte, si sono avuti casi di fulminazione con circuiti ad un potenziale inferiore ai 100 volt. Un fattore importante in tali incidenti è la possibilità nel colpito di potersi staccare subito o no dal contatto del conduttore, poichè talvolta le contrazioni muscolari determinate dalla corrente elettrica possono impedire al colpito di abbandonare il contatto col filo pericoloso.

È rimandata ad altra seduta la comunicazione del dott. Manzetti.

Nella prossima adunanza parleranno: « Sui disturbi nelle linee telegrafiche prodotti dalla trazione elettrica », comm. Dell'Oro; « Sulla trazione elettrica a contatti superficiali », ing. R. Colombo.

Estratto del Verbale dell'Adunanza del 20 maggio 1902.

ORDINE DEL GIORNO:

3. *Nuova proposta della Sezione di Genova per la riduzione del contributo alla Sede Centrale.*

« La Sezione verserà alla Cassa della Sede Centrale, per ogni Socio in regola
» colla Cassa della Sezione, un contributo annuo che verrà preventivato dall'As-
» semblea dei Soci anno per anno, in base alle risultanze dei bilanci. Questa quota
» non sarà superiore alle L. 10 per ogni Socio individuale, e alle L. 15 per ogni
» Socio collettivo ».

Il Presidente, mettendo in discussione la nuova proposta della Sezione di Genova, relativa alla riduzione del contributo delle Sezioni alla Sede Centrale, premette che non è il caso ancora di addivenire ad un voto definitivo, perchè, a seconda dell'art. 22 dello Statuto, l'invito per una decisione in proposito deve partire dalla Presidenza dell'A. E. I. Egli però ha creduto opportuno di portare la questione all'Ordine del giorno perchè, stante l'importanza di essa, è utile che la nostra Sezione manifesti l'indirizzo che intende seguire. Dalla discussione avvenuta si possono riassumere le idee prevalenti nell'Assemblea.

La Sezione di Roma pensa che non si debba mai perdere di vista il fatto che la Sede Centrale rappresenta veramente l'organismo dell'Associazione Elettrotecnica Italiana; che dalla unione di tutti gli Elettrotecnici e dall'insieme di tutte le Sezioni deriva all'Associazione l'importanza che man mano è venuta acquistando, mentre l'autorità di una Sezione è consegnenza piuttosto dell'essere una parte integrale, una mano lunga della Sede Centrale, che dell'organismo della Sezione stessa.

Le Sezioni debbono essere riguardate secondo lo spirito dello Statuto, piuttosto come intermediario efficace fra i Soci residenti in una certa regione e la Presidenza centrale, che come organismi a parte, dalla cui federazione risulti l'A. E. I.; cosicchè lo Statuto può permettere la costituzione di una Sezione con un *minimum* di 20 Soci, che, almeno per la esiguità del numero dei componenti, non potrebbe avere vita propria utile e feconda.

È ben vero che la Sede Centrale attinge vita e sviluppo dalla vita e dallo sviluppo delle Sezioni; ma il lavoro e l'attività di queste non sono determinate esclusivamente dai loro bilanci particolari, mentre tutte le spese inerenti ai lavori dei Soci vengono sostenute dal bilancio generale.

Se ne deduce quindi che il primo interesse di tutti i Soci deve esser quello di fornire alla Sede Centrale i mezzi sufficienti perchè essa possa esplicare il meglio possibile la sua attività e soddisfare gli obblighi che si impone.

Pur tuttavia non si può disconoscere che sia utile, anche per gli interessi generali dell'Associazione, che anche le Sezioni abbiano mezzi sufficienti, sia per stimolare il lavoro dei Soci, sia per offrire ad essi vantaggi più immediati, quali, per esempio, risulterebbero dalla costituzione di una biblioteca. Si capisce quindi come si sia manifestata la tendenza, specialmente in qualche Sezione meno numerosa,

di ottenere vantaggi finanziari per migliorare le proprie condizioni, anche a costo di perdere di vista gli interessi più generali dell'Associazione, e si capisce come giustamente si possa pensare al modo di migliorare i bilanci, specialmente delle piccole Sezioni.

Però la proposta della Sezione di Genova, almeno come è stata espressa, mentre risulta inconciliabile con la vita della Sede Centrale, non porterebbe ai fautori della proposta i vantaggi che se ne potrebbero aspettare.

Ed infatti una diminuzione di contributo (sia pure considerevole) proporzionale al numero dei Soci, ben piccolo utile apporterebbe ai bilanci delle Sezioni minori, mentre darebbe un forte vantaggio a quelle numerose, che meno ne risentono il bisogno. In tal caso il bilancio della Sede Centrale ne risulterebbe addirittura decimato, e si minerebbe l'esistenza dell'Associazione stessa, poichè forse non sarebbe lontano il giorno in cui in Italia si avrebbe un certo numero di piccole Società staccate ed autonome, che per moltissime ragioni non potrebbero avere l'autorità che loro deriva dall'essere riunite in un'unica Società italiana.

Inoltre, supponendo pure che la diminuzione del contributo riesca ad aumentare l'attività delle Sezioni, si otterrebbe per risultato che la Sede Centrale dovrebbe soddisfare ad obblighi più onerosi, mentre per contrario avrebbe mezzi insufficienti a disposizione.

Sembra grave infine che si debba lasciare un articolo così importante dello Statuto indeterminato, e anno per anno ad *arbitrio* dell'Assemblea annuale, formata generalmente da una piccola minoranza, che potrebbe prendere decisioni non conformi alle idee della vera maggioranza dei Soci.

La Sezione di Roma pensa quindi:

Di uniformare la sua condotta all'Ordine del giorno Lattes votato nella seduta del 7 marzo p. p.;

La Sezione di Roma, mancando di elementi sufficienti per giudicare dell'opportunità di accettare o meno la riduzione proposta dalla Sezione di Genova, passa all'Ordine del giorno;

Che in ogni caso si debba respingere la proposta della Sezione di Genova così come è formulata;

E che, qualora le condizioni del bilancio generale dimostrassero la possibilità di devolvere una certa somma a vantaggio delle Sezioni minori, meglio risolverebbero la questione una delle due proposte formulate rispettivamente dal professore Ascoli e dal dott. Manzetti:

1° Ogni anno, a seconda delle risultanze del bilancio generale preventivo, sarà fissata una somma da ripartirsi fra le diverse Sezioni;

2° Ogni Sezione verserà alla Cassa della Sede Centrale un contributo annuo di L...... per i primi 50 Soci individuali, uno di L. 10 per tutti i rimanenti; ed un contributo di L. 20 per ogni Socio collettivo.

Queste due proposte, mentre hanno chiaramente l'effetto immediato di migliorare sensibilmente le condizioni finanziarie delle Sezioni *poco numerose*, non pregiudicano in modo grave il bilancio generale dell'Associazione.

Va notato infine che per la prima proposta non è necessaria una modificazione dello Statuto, perchè l'Assemblea generale può disporre dei fondi come crede: essa potrebbe essere inclusa come un articolo del Regolamento generale ancora da pubblicarsi.

SEZIONE DI NAPOLI.

6 maggio 1902, ore 21. — Adunanza.

Presidenza comm. Boubée F. C. Paolo. Segretario ing. Luigi De Biase.

Presenti i Soci ing. Camillo Curti, prof. Luigi Lombardi, ing. Carlo Montù, prof. Francesco Milone, prof. Raffaele Folinea, ing. cav. Mario Bonghi.

Alle ore 21 il Presidente apre la seduta. Si legge ed approva il verbale della seduta precedente.

Sono accettate le domande di ammessione a Soci dei signori ing. Ernesto Sannia, Filippo Bardini e Alfonso Carelli.

Il Presidente dà lettura di due lettere: una del Comitato per le onoranze a Galileo Ferraris, del 31 marzo 1902, l'altra del Presidente della Sezione di Milano, del 10 aprile 1902, riflettenti un invito ai Soci di partecipare alla cerimonia dell'inaugurazione del monumento al sommo Galileo Ferraris. I Soci si riservano di rispondere direttamente a tale invito.

Infine dà la parola al socio ing. Luigi De Biase, il quale, inaugurando il ciclo delle riunioni quindicinali, aventi per iscopo di tenere i Soci al corrente dei progressi dell'Elettrotecnica, fa una lettura sulle novità degli ultimi due mesi. La lettura durata un'ora, è stata in fine vivamente applaudita.

Alle 22,45 il Presidente scioglie l'adunanza.

L'Associazione Elettrotecnica Italiana, Sede centrale, scambia gratuitamente i proprii *Atti* colle seguenti Riviste e Periodici scientifici:

R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, Palazzo Brera, Milano.
R. Istituto Tecnico Superiore, Milano.
Camera Senato (Biblioteca), Roma.
Il Nuovo Cimento, Pisa.
Società degli Studenti Trentini, via Larga, 8, Trento.
La Chimica Industriale, Galleria Nazionale, ingresso *D*, Torino.
Annali di Elettricità medica e Terapia fisica (Dott. G. Arienzo), Gabinetto elettroterapico dell'Ospedale Incurabili, Napoli.
Unione permanente delle Camere di Commercio Italiane, Milano.
Società medico-chirurgica di Bologna, Palazzo dell'Archiginnasio, Bologna.
Collegio Ingegneri ed Architetti in Milano, via S. Paolo, 10, Milano.
Camera Commercio, piazza Mercanti, Milano.
Camera Deputati (Biblioteca), Roma.
Rivista Tecnica Emiliana, Porta San Martino, Bologna.
R. Accademia dei Lincei, Roma.
Società d'Incoraggiamento d'Arti e Mestieri, via S. Marta, 18, Milano.
Società Chimica di Milano, via S. Paolo, 10, Milano.
Revue Internationale de Thérapie physique, via Plinio, Roma.
Secrétariat Général de l'Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Montefiore, rue du Pot-d'Or, 43, Liège (Belgique).
Association entre les Élèves de l'Institut Montefiore, Quai Mativa, Liege (Belgique).
American Institute of Electrical Engineers, 26, Cortland Street, New-York.
American Electrician, Havemeyer Building, New-York.
The Electrical Review, 41 Park Row, Times Building, New-York.
The Electrical World and Electrical Engineer, 120 Liberty Street, New-York.
Institution of Electrical Engineers, Victoria Mansion, 28, Victoria Str., London S. W.
The Electrical Review, Ludgate Hill, London.
Association Suisse des Electriciens (Pres. Prof. W. Wissling), Waedensweil pres Zürich.
Verband Deutscher Elektrotechniker, Monbijouplatz, 3, Berlin.
Elektrotechnischer Verein, 4 B Artilleriestrasse, Berlin.
Elektrotechnische Zeitschrift, Monbijouplatz, 3, Berlin.
Société Internationale des Électriciens, rue de Staël, 12, Paris.
I. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Rovereto.

Prof. GUIDO GRASSI, *Redattore-Responsabile*.

Torino — Tip. Lit. Camilla e Bertolero di Natale Bertolero.

Associazione Elettrotecnica Italiana

VENDITA ATTI

Prezzo	Vol. I Atti	. . . . . .	L. 20
»	» II »	. . . . . .	» 20
»	» III »	. . . . . .	» 10
»	» IV »	. . . . . .	» 20
»	» V »	. . . . . .	» 20
Abbonamento	» VI »	. . . . . .	» 20

PREZZO DELLE INSERZIONI

netto da qualsiasi sconto

Spazio	2 volte	4 volte	6 volte	12 volte
1 pagina	L. 34	L. 60	L. 80	L. 140
1/2 »	» 24	» 40	» 54	» 85
1/3 »	» 18	» 28	» 44	» 70
1/4 »	» 14	» 22	» 34	» 56

Per l'acquisto degli Atti e degli Estratti e per le Inserzioni sulla coperta rivolgersi alla

Ditta Editrice **CAMILLA e BERTOLERO di N. BERTOLERO,**

Via Bodoni, 2 - Torino.

CONSIGLI DELLE SEZIONI A. E. I.

Torino, *Galleria Nazionale - Via Roma, 28.*

Presidente: Comm. Roberto Cattaneo.
Vice-Presidente: Prof. Ing. Lorenzo Ferraris.
Segretario: Cav. Ing. Enrico Segrè.
Cassiere: Ing. Mario Capuccio.
Consiglieri: Ing. Aristide Caramagna — Capon Maggiore Angelo — Ing. Lorenzo Garrone — Prof. Antonio Garbasso — Ing. Ettore Morelli — Ing. Vittorio Tedeschi.

Milano, *Via S. Paolo, 10.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. Luigi Zunini.
Vice-Presidente: Ing. Alessandro Panzarasa.
Segretario: Ing. Giacinto Motta.
Cassiere: Ing. Angelo Bianchi.
Consiglieri: Ing. Franco Brioschi — Ing. Carlo Clerici — Ing. A. Foscarini — Ing. G. Merizzi — Ing. Alessandro Scotti — Ing. Guido Semenza.

Genova, *Via Davide Chiossone, 7.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. S. A. Rumi.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Uff. Col. Federico Pescetto.
Segretario: Ing. Domenico Sertorio.
Cassiere: Cav. Saverio Audisio.
Consiglieri: Ing. Luigi Balbi — Ing. Cav. Silvio Bianchi — Ing. Celso Grillo — Ing. Cav. G. Reggio.

Bologna, *Via Galliera, 14.*

Presidente: Prof. Cav. Luigi Donati.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Prof. Silvio Canevazzi.
Segretario: Ing. Manfredo Peretti.
Cassiere: Ing. Barnaba Lanino.
Consiglieri: Ing. Alfredo Donati — Ing. Cav. Cleto Gasperini — Ing. Pietro Lanino — Ing. Umberto Maccaferri.

Roma, *Via del Bufalo, 133.*

Presidente: Prof. Moisè Ascoli.
Vice-Presidente: Prof. Angelo Banti.
Segretario: Dott. Riccardo Manzetti.
Cassiere: Ing. Comm. Oreste Lattes.
Consiglieri: Cav. Giovanni Dell'Oro — Ing. Giovanni Giorgi — Ing. Riccardo Salvadori — Prof. Alfonso Sella — Prof. F. Lori — Ing. Dottor Quirino Majorana-Calatabiano.

Napoli, *Galleria Umberto I.*

Presidente: Cav. Uff. Prof. Ing. F. P. Boubée.
Vice-Presidente: Prof. Ing. Luigi Lombardi.
Segretario: Cav. Ing. Francesco Amicarelli.
Cassiere: Ing. Giorgio De Cristoforo.
Consiglieri: Cav. Ing. Mario Bonghi — Ing. Umberto Cassito — Ing. Luigi De Biase — Prof. Ing. Raffaele Folinea.

Palermo, *Via Maqueda, 175.*

Presidente Cav. Prof. Stefano Pagliani.
Vice-Presidente: Cav. Ing. Emilio Piazzoli.
Segretario: Ing. Gaetano Buttafarri.
Cassiere: Ing. Francesco Agnello.
Consiglieri: Ing. Giuseppe Ottone — Ing. Giacinto Agnello — Ing. M. Fileti — Prof. O. M. Corbino.

Firenze, *Via dei Benci, 10.*

Presidente: Prof. A. Roiti.
Vice-Presidente: Prof. Eugenio Bazzi.
Segretario: Ing. Alberto Picchi.
Cassiere: Ing. Attilio Rampoldi.
Consiglieri: Ing. Giorgio Santarelli — Ing. Giulio Martinez — Prof. Luigi Pasqualini — Ing. G. B. Folco.

Vol. VI. Agosto 1902. Fasc. 4°.

Pubblicazione bimensile *Conto Corrente colla Posta*

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE - TORINO

INDICE.

TORINO

TIP. LIT. CAMILLA E BERTOLERO DI N. BERTOLERO

1902.

Gli Autori delle Memorie ne riceveranno in dono 100 copie

ABBONAMENTO AL VOL. VI. L. 20

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Sede Centrale: Torino, Via Bogino, 9

CONSIGLIO CENTRALE A. E. I.

(Triennio 1900-1902)

Presidente: Prof. GUIDO GRASSI
Vice-Presidenti: Prof. MOISÈ ASCOLI
Prof. GIUSEPPE COLOMBO
Prof. STEFANO PAGLIANI
Segretario Generale: Ing. RAFFAELE PINNA
Cassiere: Ing. ALESSANDRO ARTOM

Consiglieri delegati dalle Sezioni:

Torino. — Prof. P. P. Morra — Dott. Alberto Sassernò — Ing. Enrico Segré — Ing. Ettore Thovez.
Milano. — Prof. Ugo Ancona — Prof. Riccardo Arnò — Ing. Giovanni Barberis — Ing. Carlo Barzanò — Ing. Palamede Guzzi — Dott. Franco Magrini.
Genova. — Ing. Gustavo Dossmau — Dott. Max Thoma.
Bologna. — Ing. E. Cairo — Ing. Alfredo Donati.
Roma. — Ing. Ferruccio Celeri — Prof. C. Mengarini — Cav. G. Rodano.
Napoli. — Ing. Francesco Amicarelli — Prof. Ing. Gaetano Bruno.
Palermo. — Prof. Michele Cantone — Prof. Elia Ovazza.
Firenze. — Ing. Francesco Sizia — Prof. Guido Vimercati.

Presidenti antecedenti: Galileo Ferraris (dal 27 Dic. 1896 al 7 Febb. 1897)
On. Prof. Giuseppe Colombo (1897-99).

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE — TORINO

N. 22.

DELIBERAZIONI

prese dal Consiglio generale dell'A. E. I. nella Seduta del 28 giugno 1902.

ORDINE DEL GIORNO:

1° **Stabilire il luogo e la data dell'Assemblea generale;**

2° **Onoranze a Galileo Ferraris in occasione dell'inaugurazione del monumento a Torino;**

3° **Stabilire il procedimento da seguirsi per le proposte di modificazione allo Statuto;**

4° **Stabilire se, in relazione col numero precedente, il Consiglio deve ammettere a votazione la proposta Silva:**

« Il Presidente, i tre Vice-Presidenti, il Segretario generale ed il » Cassiere durano in carica tre anni e sono rieleggibili », ricordando che nell'ultima sua riunione il Consiglio aveva ritenuto di non accoglierla.

5° **Proposta della Sezione di Torino:**

« Riduzione della quota da versarsi dalle Sezioni alla Sede Centrale, » modificando l'art. 8 dello Statuto in questo senso: Ogni Sezione ver- » serà alla Cassa della Sede Centrale L. 10 per ogni Socio, sia indivi- » duale che collettivo ».

Questa proposta, viene sottoposta dalla Sezione di Torino al Consiglio affinchè la discuta e deliberi, se crede opportuno, o meno, di ammetterla a votazione, secondo l'articolo 22 dello Statuto.

6° **Comunicazioni varie:**

a) Legge sulle derivazioni di acque pubbliche;
b) Congresso degli Ingegneri a Cagliari;
c) Proposta relativa al nuovo sistema di misura dell'ing. G. Giorgi.

Il PRESIDENTE apre la seduta alle ore 14,30.

Sono presenti:

Il *Presidente:* Prof. G. GRASSI;
Il *Vice-presidente:* Prof. M. ASCOLI;
Il *Segretario generale:* Ing. R. PINNA;
Il *Cassiere:* Ing. A. ARTOM.

I Delegati:

Sezione di Torino: Ing. E. SEGRÈ;
Sezione di Milano: Prof. R. ARNÒ, Prof. U. ANCONA, Ing. C. BARZANÒ;
Sezione di Firenze: Ing. SIZIA.

Scusano l'assenza i delegati: *Ing.* DOSSMANN (Genova), Ing. RODANO (Roma), Ing. CELERI (Roma).

Scusano pure l'assenza i Delegati di Milano Ing. BARBERIS e Dottor MAGRINI, i quali delegano a rappresentarli, con facoltà di voto, il collega BARZANÒ.

1° Assemblea.

All'Assemblea di Roma nell'ottobre 1901 la Sezione di Napoli aveva fatto l'invito perchè l'Assemblea del 1902 si tenesse a Napoli; però, tenuto conto della circostanza che nella seconda metà di settembre si inaugurerà il monumento a Galileo Ferraris, che in quell'epoca sarà ancora aperta l'Esposizione, e che si terranno altri Congressi che potrebbero interessare anche i Soci dell'A. E. I., la Presidenza propone che si tenga l'Assemblea a Torino, nell'epoca in cui si inaugurerà il detto monumento, facendo notare che la Sezione di Napoli, già avvertita di tale proposta, ne ha riconosciuta l'opportunità.

Il Consiglio delibera che l'Assemblea abbia luogo in Torino per l'epoca della inaugurazione del monumento a Galileo Ferraris ed in ogni caso non oltre gli ultimi giorni di settembre affinchè l'Assemblea preceda il Congresso degli Ingegneri che si terrà a Cagliari ai primi di ottobre.

Non più tardi del 31 agosto i Soci che intendono fare comunicazioni dovranno darne avviso con lettera alla Presidenza, mandando il testo

della lettura ovvero un sunto da cui risulti chiaramente lo scopo di essa ed il metodo seguito. La Presidenza curerà di pubblicare i sunti o le Memorie stesse in modo che possano essere distribuiti nel primo giorno dell'Assemblea. I lavori di cui pervenisse il solo titolo o che giungessero oltre il termine stabilito non saranno ammessi.

2° Onoranze a Galileo Ferraris.

Dato che avvenga l'inaugurazione del monumento durante la riunione dell'A. E. I. si presenterà il primo dei tre volumi delle opere di Galileo Ferraris, edito dall'Hoepli, nel quale si contengono le memorie originali che trattano argomenti di elettrotecnica. I Soci dell'A. E. I. godranno il ribasso del 25 0|0 sul prezzo di vendita dei tre volumi. Il Consiglio delibera inoltre che la Presidenza, d'accordo collo scultore autore del monumento, provveda ad un ricordo duraturo da apporsi sul monumento, autorizzando quella spesa che sarà necessaria; delega il Presidente a pronunciare un discorso in rappresentanza dell'Associazione. Il Consiglio prende atto della comunicazione del Presidente che, dopo ricerche e studi fatti, non sia opportuno di pubblicare la seconda parte delle lezioni di Galileo Ferraris.

3° Stabilire il procedimento da eseguirsi per le proposte di modificazione allo Statuto.

La Presidenza fa osservare che l'articolo 22 dello Statuto dà le norme per la votazione sulle proposte di modifiche, ma non contiene alcuna norma sul modo come devono essere presentate le dette proposte, cosicchè la Sede Centrale dovrebbe ammettere a votazione qualunque proposta, in qualunque forma sia presentata. Invece sembra che il Consiglio dovrebbe stabilire qualche massima, per impedire l'inconveniente che si debbano convocare tutte le Sezioni a discutere e votare su proposte che non abbiano già qualche probabilità di successo, o che non abbiano già il consenso di almeno una parte dei Soci. Ciò si fa in generale nelle Associazioni simili alla nostra. Il Consiglio dovrebbe dunque o deliberare una massima, o fare una proposta di un'aggiunta all'art. 22 dello Statuto, nel senso di stabilire che, per essere messe in votazione, le proposte di modificazioni allo Statuto devono essere presentate, o da una Sezione, o da un determinato numero di Soci, non inferiore ad un certo limite.

Il Consiglio, ritenuto che i rapporti della Sede Centrale, quali appaiono definiti dallo Statuto, siano esclusivamente colle Sezioni, delibera che le proposte devono essere fatte dalle Sezioni (non dai soli Consigli direttivi di esse), oppure da un certo numero di Soci, che

lascia alla Presidenza di stabilire e proporre. Questa deliberazione verrà sottoposta al voto dell'Assemblea generale.

4° **Proposta Silva.**

In relazione al numero precedente la questione è rinviata a dopo deliberazione dell'Assemblea generale.

5° **Proposta Sezione Torino.**

Dopo le spiegazioni del Delegato presente della Sezione di Torino, ing. Segrè, la proposta è respinta a maggioranza e il Consiglio delibera quindi di non sottometterla alla votazione delle Sezioni.

6° **Comunicazioni varie.**

a) *Legge sulle derivazioni di acque pubbliche.* — Il Consiglio approva in massima che l'Assemblea si occupi dell'argomento, e si prende nota che il consigliere Segrè è incaricato di presentare le proposte relative a nome della Sezione di Torino;

b) *Congresso degli Ingegneri a Cagliari.* — Il Consiglio accoglie la raccomandazione del Comitato esecutivo per il detto Congresso, di far noti all'Assemblea della A. E. I. i temi di argomento elettrotecnico proposti per essere discussi al X Congresso degli Ingegneri, affinchè l'Assemblea stessa possa delegare alcuni Soci a intervenire al Congresso e prendere parte alla discussione dei suddetti temi. E perciò appunto il Consiglio ha deliberato che l'Assemblea si tenga a Torino prima del Congresso di Cagliari;

c) *Proposta relativa al nuovo sistema di misure elettromagnetiche dell'ing.* G. Giorgi. — Il Presidente comunica di avere già da tempo nominata una Commissione composta dei prof. Grassi, Donati, Roiti, Ascoli e Lombardi, la quale si è occupata della questione ed in massima si è pronunciata favorevole all'adozione del nuovo sistema di misure. Ora sarebbe opportuno presentare la questione anche alla Società italiana di fisica e il Consiglio approva che di ciò abbiano a incaricarsi il Presidente e il prof. Ascoli, procurando che la Società di fisica faccia oggetto di discussione la proposta Giorgi nel prossimo Congresso che avrà luogo in principio di settembre a Brescia.

Esaurito l'Ordine del giorno il Presidente toglie la seduta alle ore 17,30.

Il Segretario generale
R. Pinna.

Il Presidente
G. Grassi.

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Sezione di Roma.

Durante il primo semestre di quest'anno la Sezione di Roma ha tenuto la terza serie di conferenze pubbliche sperimentali.

La serie ha compreso 8 conferenze e di ognuna di esse diamo qui sotto un largo sunto.

N. 23.

23 febbraio e 23 marzo 1902. — *Ing.* ALDO BIBOLINI.

L'ELETTRICITÀ NELL'AUTOMOBILE

(Con 9 figure).

Constatato il meraviglioso sviluppo dell'automobilismo in questi ultimi anni, l'A. riassume le ragioni, d'indole principalmente sociale, che ne pongono il problema fra i più importanti della vita.

A dimostrare come sia stata sempre ad esso rivolta l'attenzione degli inventori, traccia la storia dell'automobilismo, dalla prima automotrice guerresca, apparsa due secoli avanti G. C., e che aveva come elemento motore l'uomo, sino ai giorni nostri.

Così risulta che l'idea dell'automobile, estrinsecatasi inizialmente, assumendo a potenza motrice o gli esseri animati, o il vento, o le molle, è andata man mano estendendosi, coll'accrescersi del numero di forme sotto le quali l'energia si rivelava utilizzabile.

L'invenzione della macchina a polvere nel 1678, la scoperta del Papin nel 1686, la scoperta dei fenomeni dell'elettromagnetismo nel 1810, pietre miliari nel progresso della civiltà, sono, anche per l'automobilismo, basi fondamentali, dalle quali sorge la sua classificazione generale, in: automobilismo a gas, a vapore ed elettrico.

L'A. tratta partitamente di ciascuna di esse, rilevandone i momenti più salienti per invenzioni o scoperte, ed esamina lo stato attuale della questione, definendo i limiti che, avuto riguardo ai pregi ed ai difetti fondamentali di ciascuna categoria, si impongono ad esse nella applicazione industriale.

Così, secondo l'A., all'automobilismo a vapore deve essere riserbato il campo dei trasporti pubblici in comune e delle mercanzie; a quello a gas, la cui praticità restringe al solo uso delle essenze minerali e degli alcooli, il campo del tourismo a grande distanza; a quello elettrico, il campo dei servizi urbani con vetture leggere.

Premesse queste considerazioni, entra a trattare delle applicazioni elettriche nell'automobilismo e le distingue in due classi, cioè: *a*) i sistemi d'accensione elettrica nei motori delle automobili a gas idrocarburati; *b*) le automobili elettriche; dichiarando di tralasciare, perchè senza applicazioni pratiche, i sistemi elettrici di variazione di velocità nelle automobili, ideati da vari inventori.

a) Illustrato il fenomeno dell'accensione nei motori a gas in generale, e più particolarmente nei motori ad esplosione per automobili (eseguendo in proposito alcune esperienze sul motore Bernardi, attelato ad una dinamo Siemens disposta per illuminazione ad incandescenza), l'A. divide i sistemi d'accensione oggi esistenti, in due categorie e cioè: quelli cosidetti ad incandescenza, e quelli elettrici; tralasciando, perchè ormai in disuso o non diffusi, i sistemi di accensione a trasporto di fiamma e quelli a compressione.

I primi usufruiscono, come corpo incandescente, di un cilindro di platino o di porcellana, riscaldato alla fiamma di speciali lampade a benzina (brûleurs); questi sistemi hanno il difetto di consumare molto combustibile, di esigere una pericolosa fiamma sempre esterna alla macchina, e finalmente, di non permettere un facile e sicuro spostamento dell'istante d'accensione della miscela.

I sistemi che si sono trovati atti ad ovviare questi inconvenienti, sono i sistemi elettrici ed il sistema così detto dell'autoincandescenza.

Quest'ultimo, che ha fatto parlare di sè soltanto nel 1900 quando venne annunziato come novità al « Salon du Cycle » a Parigi, non è altro che il sistema Bernardi applicato dall'inventore al suo motore da vari anni.

Consiste nel far rimanere incandescente una reticella di platino, per l'azione dello stesso motore e nel far venire a contatto di essa la miscela esplosiva, in opportuni istanti, determinati da un otturatore, comandato da un eccentrico.

I sistemi elettrici usualmente applicati sono due: l'uno (fig. 1) a

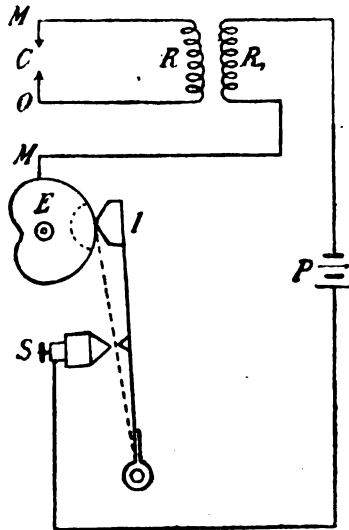



Fig. 1. — Schema dell'accensione elettrica a scint. d'induzione.

R R_1 = rocchetto; P = pile; C = candela o bougie; S = morsetto; E = came; I = trembleur.

scintilla secondaria di un rocchetto d'induzione; l'altro (fig. 2) a scin-

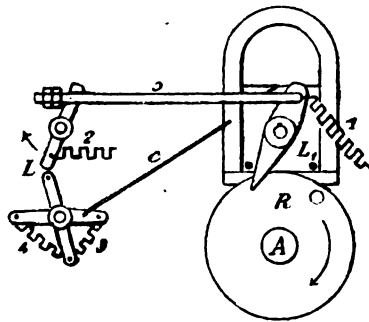



Fig. 2. — Dispositivo d'accensione magneto-elettrica (Sistema Lembeck).

L = scatto; L_1 = leva oscillante dell'indotto; A = albero; 1, 2, 3, 4 = molle.

tilla d'extracorrente d'apertura del circuito indotto di una piccola dinamo magneto-elettrica.

Tanto nel primo quanto nel secondo sistema, il movimento circolare dell'asse motore, si trasmette ad un asse secondario, che muove un eccentrico, il quale è destinato: nel primo, a formare i contatti per fare scoccare le scintille, nel secondo, a muovere, a sua volta, di moto oscillatorio delle masse metalliche nell'interno del cilindro, le quali, a guisa dell'otturatore Bernardi, aprono al momento opportuno il circuito indotto della piccola magneto-elettrica che genera la corrente.

Le esperienze che l'A. fa in proposito sui tre sistemi d'accensione, rendono chiara l'idea di essi.

Ad entrambi questi sistemi si riconoscono pregi e difetti; il sistema magneto-elettrico però, a parte la maggiore complicazione che apporta alla vettura la presenza di una dinamo, ha sull'altro il vantaggio di non richiedere energia di pile o di accumulatori, ed il pregio di fare uso di potenziali bassi.

È carattere fondamentale di queste accensioni, quello di permettere con facilità lo spostamento dell'istante d'accensione nel ciclo di funzionamento del motore e questo fatto è pregio tale per cui, nell'intento di variare in modo semplice la potenza della macchina, si sacrifica ad esso, nei motori di piccola potenza, lo spreco di elemento motore che ne accompagna l'uso.

A spiegare il fatto l'A. mostra gli elementi di lavoro di un motore ad esplosione, facendo notare il difetto fondamentale di quelli attualmente esistenti, che è quello cioè di avere un'eccessiva rigidità di potenza, e dice dei modi escogitati per ottenerne la maggiore variazione.

Entra così a parlare della regolazione a mano, fatta collo spostamento del punto d'accensione, e della regolazione automatica fatta coi regolatori a forza centrifuga.

Illustra l'effetto dell'avanzamento o del ritardo nel punto d'accensione mostrando vari diagrammi ottenuti con indicatori Thompson ad alta pressione, in motori ad esplosione ed esemplifica la variazione della funzione automatica dei regolatori a forza centrifuga, con esperimenti sullo stesso motore Bernardi, il quale è l'unico motore esistente, capace di variare in modo facile la velocità di regime della macchina, gradatamente.

Riassume finalmente i tentativi odierni che, in maniera assai meno perfetta, in quest'ultimo ordine di idee si sono fatti, e parla degli acceleratori, destinati ad interrompere la funzione automatica del regolatore, e dei regolatori misti, che agiscono sulla miscela e sull'accensione contemporaneamente e, constatando la scarsità degli studi esistenti, su questa complessa ed importante questione, conclude che;

« i sistemi d'accensione i quali permettono uno spostamento pronto e sicuro dell'istante d'accensione, come i sistemi elettrici, sono in grado di variare la potenza del motore nei limiti più estesi ed essi hanno, dal punto di vista del rendimento, azione efficace come avanzamento, rappresentano invece una perdita come posticipazione, entro i limiti nei quali può avvenire l'accensione ».

b) L'A. definisce subito l'importanza fondamentale del problema degli accumulatori elettrici, dei quali soltanto l'automobilismo elettrico è oggidì applicazione, ed entra quindi a trattare di essi. Ne ricorda brevemente la storia, e classifica i tipi oggi esistenti in quattro categorie, così: 1) accumulatori tipo Planté; 2) accumulatori tipo Faure; 3) accumulatori a lastre positive Planté e negative Faure; 4) accumulatori ad elettrodi ed elettroliti diversi; mostrando per ciascuna di esse vari esemplari.

Definisce i caratteri elettrici fondamentali dell'accumulatore e cioè la differenza di potenziale, la capacità specifica ed il rendimento in quantità ed in energia, esemplificandone i concetti, coll'illustrazione delle ben note curve di carica e scarica di un elemento a P*b* e di un elemento eterogeneo (Edison).

Tali caratteri, uniti ai criteri della resistenza meccanica, durata, costo e manutenzione degli accumulatori, forniscono un quadro completo per l'analisi di quelli che possono, nel miglior modo, usarsi nelle applicazioni diverse delle vetture elettriche e cioè: nelle vetture di lusso o di sport, nelle vetture per servizi pubblici di persone, nelle vetture per trasporto di mercanzie a pesi rilevanti.

Discutendo i pregi ed i difetti insiti nelle varie categorie di accumulatori, e le esigenze di ciascun tipo di veicolo, l'A. ne trae che, attualmente ed in via generale, alle vetture di lusso si addicono gli accumulatori tipo Faure od i leggeri di tipo diverso; alle vetture pubbliche i tipi leggeri a positive Planté e negative Faure; alle vetture di grande peso o furgoni i tipi Planté leggeri o i Planté-Faure robusti.

Passando infine a dire del loro uso industriale in questa applicazione, espone i criteri generali di costruzione e montaggio, i sistemi di collegamento fra elemento ed elemento e quelli di caricamento, a differenza di potenziale o, nel miglior modo, ad intensità di corrente costante.

Premesse queste nozioni generali sugli accumulatori, l'A. descrive l'automobile elettrica scindendone la parte meccanica dalla parte carrozzeria. Definisce il telaio o *châssis*, che è sostegno precipuo della prima, distinguendolo nei suoi due tipi: a due assi, ed a uno solo o avantreno-motore, ed enumera gli organi elettrici e meccanici costi-

tuenti l'equipaggiamento automotore. Tra i primi pone: 1) gli accumulatori; 2) il motore od i motori; 3) il combinatore; 4) il freno ed eccezionalmente l'innesto elettro-magnetico; 5) gli apparecchi elettrici così detti accessori; dei secondi ricorda: 1') lo sterzo; 2') i freni.

Passa quindi a trattare partitamente di ciascuno di essi.

1) Alle suesposte nozioni sugli accumulatori, aggiunge: che il numero degli elementi a piombo adottati per vettura è, in generale, di 44, così da permettere il caricamento della batteria sulle reti di distribuzione a 110 v. e da avere alla scarica una tensione media di 84 : 90 volt.

2) Constatato il grado di perfezione raggiunto nella costruzione dei motori, definisce gli elementi variabili della loro potenza ed i modi diversi di ottenerne la variazione, sia nei motori in serie che in quelli in derivazione, compound, o ad eccitazione separata. Confronta, nei riguardi della trazione, rispetto cioè alla semplicità degli avvolgimenti e circuiti, al frenaggio e al ricupero dell'energia, i diversi tipi ed esemplifica le sue considerazioni, mostrando un motore Lundell-Johnson a due indotti, interessante per la possibilità di effettuare, in modo semplice, accoppiamenti del tipo serie-parallelo. I criteri che informano questo ramo della costruzione dei motori elettrici, sono inspirati al raggiungimento di piccoli pesi e di piccoli volumi, come dimostra colle proiezioni dei tipi WP, Walker, Postel-Vinay e coll'esempio succitato. Circa al posto da assegnare al motore sul veicolo l'A. fa vedere, con la proiezione di sei tipi di vetture, come non vi sia un criterio unico, ma sibbene dai diversi costruttori si siano adottati dispositivi diversi (vedi fig. 3, 4, 5, 6, 7, 8), atti a rendere motore: o l'asse ante-

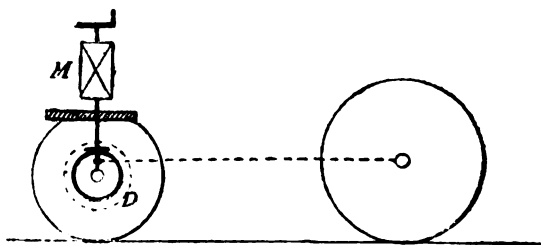



Fig. 3. — Avantreno motore
(Soc. Rom. Autom. — C.ie Franç. des voit. aut.).

riore, o l'asse posteriore, o un intermedio, con l'uso di un solo motore; oppure, con l'uso di due motori, si siano rese indipendentemente motrici: o le ruote anteriori, o le posteriori del veicolo. Questi due ultimi dispositivi permettono di ovviare al meccanismo differenziale e

possono provvedere anche alla sterzatura del veicolo, effettuata con mezzi puramente elettrici.

3 e 4) Definisce la funzione del combinatore e dà lo schema del dispositivo in essi adottato per l'accoppiamento dei circuiti, illustrandolo con un modello di combinatore americano ad asse verticale

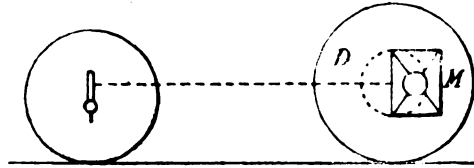



Fig. 4. — Asse posteriore motore
(Columbia, B. G. S., etc.).

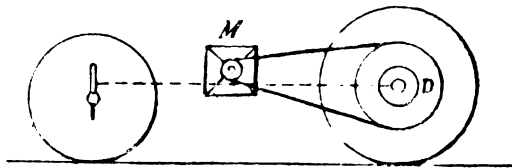



Fig. 5. — Asse intermedio motore
(Compagnie Franç. des voitures autom.).

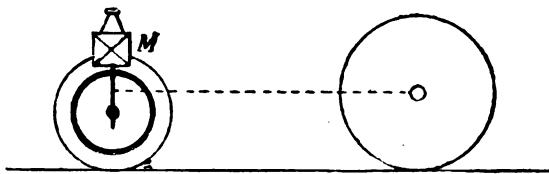



Fig. 6. — Ruote anteriori motrici per ingranaggi conici
(Sistema Hurtu).

(Lundell-Johnson) e colle proiezioni di due tipi ad asse orizzontale (Pierce; Comp. franc. des Voit. Aut.).

Illustra quindi l'azione di esso nei vari comandi ai quali presiede e chiude il cenno mostrando il principio del freno e dell'innesto elettromagnetico (riproducendo l'esperienza di Foucault) e deplorando l'omis-

sione, quasi generale, di quest'ultimo apparecchio, così utile al buon funzionamento delle vetture.

5) Esamina gli apparecchi di sicurezza, di misura, di controllo, d'illuminazione, ecc., di una vettura elettrica, che si dicono impropria-

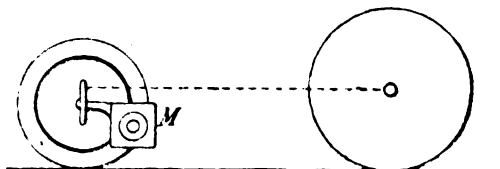



Fig. 7. — Ruote anteriori motrici per ingranaggi cilindrici (Krieger, Turrinelli, etc.).

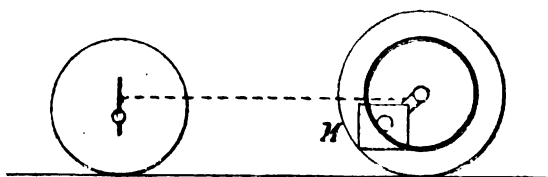



Fig. 8. — Ruote posteriori motrici per ingranaggi cilindrici (Pierce, Vehicele, etc.).

Simboli: M = motore; D = differenziale.

mente accessori; rileva l'importanza dei primi in riguardo alla indispensabile conoscenza del funzionamento dell'organismo automotore in marcia e mostra i tipi diversi, specialmente americani, che sono stati ideati.

Passando a dire degli organi meccanici, riassume brevemente:

1') La teoria dello sterzo come problema cinematico, dando la formula fondamentale e raggruppando gli sterzi in due categorie, cioè: gli sterzi *a caviglia* e gli sterzi *ad asse spezzato*. I difetti del primo sistema li escludono quasi totalmente dalle automobili, nelle quali si applicano invece i dispositivi che realizzano i secondi; però nessuno degli sterzi esistenti, dei quali mostra vari sistemi dei più diffusi, soddisfa rigorosamente il concetto cinematico, ad eccezione dello sterzo Bernardi (fig. 9), che egli illustra minutamente, per la grande importanza della soluzione, che è gloria del geniale scienziato italiano. Chiude il cenno parlando dei differenziali e degli organi di comando degli sterzi.

2') Divide i dispositivi dei freni nelle due categorie: dei freni a scarpa e dei freni ad avvolgimento, che egli definisce, rilevando la grande importanza di questi organi, ai quali i costruttori non rivolgono, in generale, adeguata attenzione.

E viene finalmente alla conclusione, dicendo che le proprie impressioni, riportate dall'osservazione dell'uso corrente delle elettromobili ad

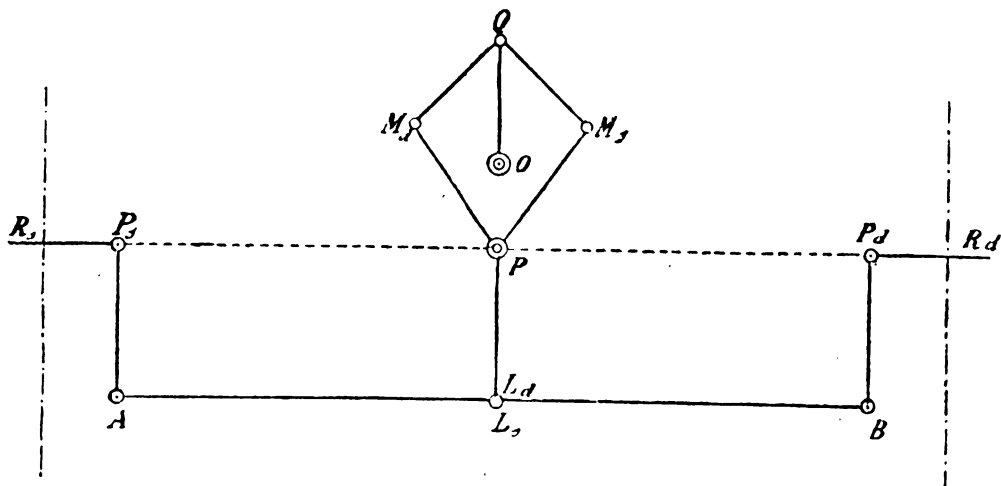



Fig. 9. — Schema dello sterzo esatto Bernardi (Scala 1 : 10).

O = asse di comando; P = perno fisso; R_s P_s A, R_d P_d B = leve di sterzo; Q O, Q M_d, Q M = manovelle; M_d P L_d, M_s P L_s = leva ad angolo; R_s, R_d = ruote.

accumulatori di P*b*, gli unici diffusi, sono, dal punto di vista industriale, tutt'altro che favorevoli ad essi. Dà ragione della sua affermazione dimostrando, con dati finanziari, come, in causa principalmente delle grandi spese di manutenzione delle batterie, del loro rapido consumo e del loro forte peso, non sia attualmente possibile sperare in una concorrenza, anche soltanto alle vetture a cavalli, in quei servizi pubblici nei quali le elettromobili si presentano come meglio adatte. Accenna ai risultati, industrialmente infelici, dell'elettromobilismo nelle gare di velocità e resistenza e nei servizi di trasporti di mercanzie, e opina che l'automobile elettrica ad accumulatori di piombo, pur seducente mezzo di locomozione, è vettura principalmente di lusso, a raggio d'azione limitato e che non può aspirare neanche ad una relativa praticità, se non con una coordinata disposizione delle distribuzioni d'energia.

A questo punto l'A. si domanda se non vi siano altri sistemi che, raccogliendo i pregi di questo, ne ovviino gli inconvenienti, ed a tal uopo prende in esame: sia la soluzione preconizzata cogli accumulatori ad elettrodi ed elettroliti diversi (ed a questo scopo riporta le critiche tedesche all'elemento Edison), sia i tentativi fatti colle automobili a trolley automotore, sia colle vetture miste petroelettriche, illustrandone i principî colle proiezioni dell'accumulatore Edison e dei dispositivi Lombard-Gérin e Pieper. I dati che esistono per ciascuno di essi o non sono sufficientemente numerosi o non abbastanza seri per poterne trarre un giudizio sicuro; cosicchè l'A., ritenendo che non siasi ancora trovato quel *quid* desiderato e considerando che il progresso regolare dell'accumulatore di Pb e la sua attuale immobilità iniziatasi da qualche anno, fanno ritenere d'avere ormai ottenuto da esso l'ottenibile, chiude giudicando che un tale *quid* si è manifestato ormai irraggiungibile colle attuali concezioni industriali dell'accumulazione dell'energia elettrica.

N. 24.

2 Marzo 1902. — *Prof.* M. ASCOLI.

I PROGRESSI DELLA TELEGRAFIA SENZA FILI (*)

(Con 8 figure).

La notizia che Guglielmo Marconi è riuscito a trasmettere segnali telegrafici attraverso l'Atlantico ha ridestato l'interesse del pubblico per questo problema e mi ha perciò consigliato a parlarne brevemente.

I. — *I principî.*

1. — *Cenno storico.* — Se volessi riassumere la storia della telegrafia senza fili, dovrei risalire a più di due secoli fa quando Huyghens (1690), contemporaneo di Newton, sviluppò la teoria ondulatoria della luce, la quale, ripresa più tardi da Young (1800), ricevette infine da Fresnel (1815-27) la sanzione dell'esperienza. Dopo Fresnel, il carattere ondulatorio dei fenomeni luminosi non fu messo più in dubbio; ma sulla natura e sulla origine di queste ondulazioni

(*) Alcune considerazioni sul modo di funzionare degli apparecchi furono esposte poi dall'autore nell'Adunanza del 3 aprile 1902 e pubblicate nel fascicolo precedente.

non si era stabilita alcuna teoria fino a quando Clark Maxwell (1870) partendo dalle scoperte di Faraday, fondò e sviluppò la teoria elettromagnetica della luce secondo la quale le onde luminose non sono che perturbazioni elettromagnetiche susseguentisi con estrema frequenza e propagantisi nello spazio libero colla velocità di 300.000 chilometri al secondo. Nel 1887-88 la teoria di Maxwell ricevette la sanzione dell'esperienza da Enrico Hertz, il Fresnel della teoria elettromagnetica della luce.

2. — *Scarica oscillante.* — Le oscillazioni luminose hanno una frequenza prossima a 600 bilioni al secondo, la lunghezza d'onda è intorno a mezzo millesimo di millimetro. Per poter mettere a confronto i fenomeni elettromagnetici coi luminosi era necessario produrre perturbazioni elettriche che si seguissero con la massima possibile velocità. Enrico Hertz ebbe la geniale idea di valersi della scarica oscillante. La scintilla elettrica ha una durata estremamente breve; in prova di ciò proietto una interessante fotografia, eseguita dal professore Majorana (*), della palla da fucile appena uscita dall'arma (fig. 1 *a*, 1 *b*, 1 *c*). Il proiettile stesso, rompendo il primario di un rocchetto fa

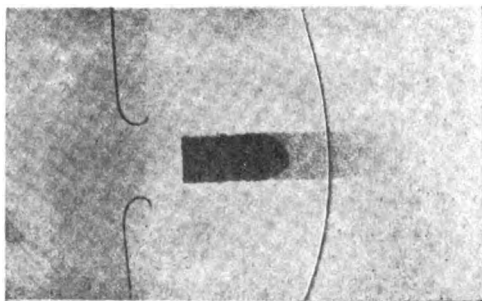



Fig. 1 *a*.

scoccare la scintilla e ne è illuminato; come si vede, la fotografia riesce quasi come se il proiettile fosse fermo, mentre la sua velocità è di 500 a 600 metri al secondo.

Malgrado ciò, William Thomson (ora Lord Kelvin) riuscì (1853) col sussidio dell'analisi matematica ad anatomizzare la scarica, dimostrando

(*) « Giornale di Artiglieria e Genio », 1896.

che essa può essere oscillante, cioè formata da una serie rapidissima di scintille alternate.

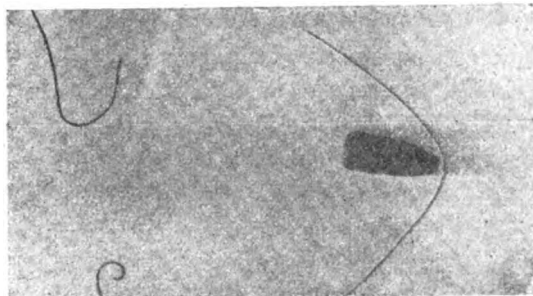



Fig. 1*b*.

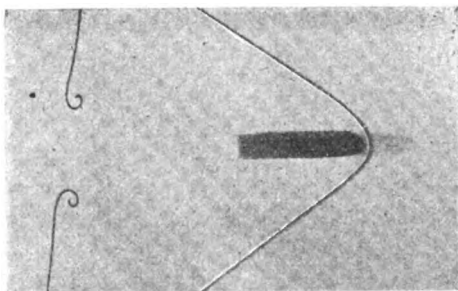



Fig. 1*c*.

Proietto alcune ottime fotografie cortesemente favoritemi dal professore Battelli (fig. 2*a*, 2*b*, 2*c*) ed ottenute mandando sulla lastra

Fig. 2*a*.

Fig. 2*b*.

l'immagine della scintilla riflessa da uno specchio rapidamente girante. La durata dell'oscillazione giunse nella fig. 2*c* sotto al milionesimo di

secondo. Si possono ottenere oscillazioni, non più fotografabili, ma assai più rapide. Il periodo dell'oscillazione, calcolabile colle formole di Lord Kelvin, si può, sino ad un certo punto, variare ad arbitrio, poichè

Fig. 2 c.

dipende dalla capacità ad autoinduzione dei due conduttori tra cui avviene la scarica, e diminuisce al diminuire dell'uno e dell'altra; ma con capacità molto piccole, l'energia messa in giuoco è così piccola che non se ne possono avere sensibili effetti; così che è difficile sperimentare su onde di lunghezza inferiore a qualche millimetro (Righi, Bose).

3. — *Oscillatore.* — Il generatore delle onde è dunque composto di due conduttori i quali vengono caricati da una sorgente di energia elettrica (generalmente un rocchetto di Rhumkorff), giunti a un certo potenziale i due conduttori si scaricano dando luogo alle oscillazioni. Mentre durano le oscillazioni, i due conduttori, collegati dalla scintilla, ne costituiscono uno solo che è percorso da una corrente rapidamente alternata. È da notarsi che il circuito di questa corrente *non è chiuso.* La carica dei conduttori ha il suo campo elettrostatico e la corrente alternata il suo campo magnetico.

4. — *Ricevitore.* — Un campo magnetico alternato produce nei conduttori che vi sono immersi delle forze elettromotrici indotte, la cui grandezza dipende non solo dalla grandezza del campo ma anche dalla rapidità delle oscillazioni (*esperienza*); onde anche con un campo assai debole si possono ottenere grandi forze elettromotrici indotte purchè grande sia la rapidità delle oscillazioni.

Da ciò il potente effetto induttivo delle oscillazioni hertziane. Hertz se ne valse per costruire il primo *ricevitore,* costituitò da un semplice filo formante un circuito chiuso, tranne in un brevissimo intervallo (a) oppure da un filo rettilineo tagliato in due parti uguali (fig. 3); la forza elettromotrice indotta è tale da fare scattare delle scintilline nei piccoli intervalli a. È coll'osservazione di queste scintille che Hertz

e i suoi successori, tra cui specialmente il Righi, dimostrarono l'identità della propagazione delle onde elettriche e delle luminose.

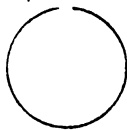



Fig. 3.

5. — *Risonanza.* — Un ricevitore è anch'esso, come l'oscillatore, un sistema avente un'oscillazione propria; il massimo effetto nel ricevitore si ottiene quando il periodo della sua oscillazione è uguale (in accordo) con quello del ricevitore. È questo il fenomeno della *risonanza* che si verifica in tutti i fenomeni oscillatori (esperienza con due pendoli). Lo possiamo mettere in tutta evidenza mediante due bottiglie *sintoniche* del Lodge. Sono due bottiglie di Leyda uguali (fig. 4) munite di un circuito rettangolare. Quella a sinistra è l'oscil-

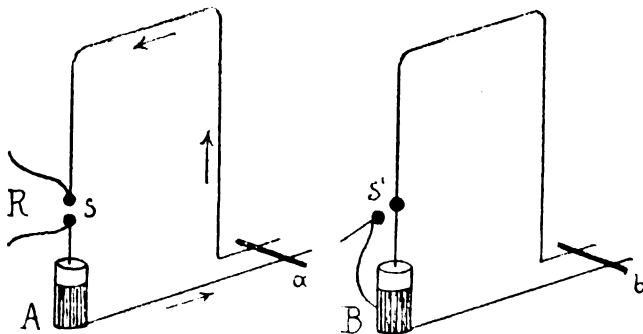



Fig. 4.

latore, in R è collocato un rocchetto, in S scocca la scintilla; quella a destra è il ricevitore, qui la scintilla S′ è posta in derivazione. I piani verticali dei due circuiti sono paralleli alla distanza di circa un metro (i due circuiti sono m. 1 × 1,30), ad ogni scintilla in S ne scocca una lunga e vivacissima in S′; ma basta cambiare anche di poco le condizioni di uno dei due circuiti, perchè questa scintilla cessi; basta, ad esempio, fare scorrere il filo *a* che completa il circuito generatore, o sostituirlo con una spirale di poche spire, oppure in parallelo con A porre una seconda bottiglia: la scintilla ricompare tosto

che si faccia nel circuito ricevitore una corrispondente modificazione; così si vede, ad esempio, che un aumento di capacità del generatore può essere compensato con un aumento di capacità oppure con un aumento d'autoinduzione del ricevitore. Il fenomeno è marcatissimo, cioè l'*accordo* si può stabilire con grande precisione.

Questi sistemi differiscono da quelli di Hertz perchè costituiti da circuiti quasi chiusi.

6. — *Smorzamento.* — Il campo di una corrente chiusa diminuisce rapidamente colla distanza perchè i diversi elementi della corrente hanno azioni opposte; quindi l'energia irraggiata dalle oscillazioni è poca ed il sistema non si presta per agire a distanza; ma appunto perchè l'energia portata seco da ciascun'onda è poca, ne resta di più per le successive e quindi lo smorzamento è piccolo, le oscillazioni sono molto *persistenti;* questa circostanza, insieme all'uguaglianza del periodo, rende ben marcati gli effetti di risonanza, perchè il risonatore riceve in gran numero successivi impulsi che, essendo in accordo colle oscillazioni proprie, ne accrescono man mano l'ampiezza; mentre un'oscillazione molto smorzata, anche di grande ampiezza, non ha che piccolo effetto (esperienza coi due pendoli). Un circuito chiuso è dunque un sistema oscillante assai persistente, ma poco atto ad agire a distanza.

L'oscillatore hertziano invece è un circuito aperto (§ 3), in ogni istante la corrente ha la medesima direzione in tutti gli elementi, che nei punti a distanza agiscono tutti concordemente; si ha dunque buona radiazione, quindi forte smorzamento, quindi effetti di risonanza meno marcati.

7. — *Coerer.* — Ai ricevitori hertziani il Lodge sostituì i sistemi (che egli chiamò *coherers*) a cattivi contatti studiati prima dal Calzecchi e dal Branley; la loro resistenza viene fortemente ridotta dalle onde elettriche, e viene ristabilita con una leggera scossa che il Popoff e il Marconi ottennero automaticamente mediante un martelletto messo in azione dalla pila locale di un *relais*, posto a sua volta in azione da una debole pila contenente in circuito il coerer (*esperienza*).

Questo sistema, di gran lunga più sensibile dei precedenti, e perfezionato poi notevolmente dal Marconi, permise di ripetere le esperienze hertziane a considerevoli distanze.

La sensibilità di un coerer anche grossolano è tale che per impedire che esso risponda alle distanze disponibili nella sala debbo ado-

perare un oscillatore di piccolissime dimensioni, azionato da un piccolissimo rocchetto e con una scintilla cortissima.

8. — *Antenna.* — Ottenuto così il silenzio è facile dimostrare l'effetto dell'antenna; appena posto un filo verticale di circa un metro in comunicazione con un elettrodo dell'oscillatore, il ricevitore ricomincia a rispondere; ridottolo di nuovo al silenzio accorciando la scintilla, si ristabilisce la trasmissione aggiungendo il filo verticale al coerer; accorciata ancora la scintilla e ottenuto ancora il silenzio si torna a corrispondere se ai fili di un metro se ne sostituiscono due di tre metri; nello stesso modo si dimostra l'efficacia del collocamento a terra dell'altro elettrodo dell'oscillatore o del coerer.

L'efficacia dell'antenna fu riconosciuta per la prima volta dal Marconi; con questa scoperta incomincia la telegrafia senza fili, che senza di essa non esisterebbe. Onde, senza entrare nell'interpretazione dei fatti, dobbiamo affermare che il Marconi è il *creatore* della telegrafia senza fili.

L'antenna, accrescendo la capacità e l'autoinduzione del sistema, porta un aumento della lunghezza d'onda (che, quand'è stabilita la comunicazione a terra, è quattro volte quella dell'antenna). Onde così lunghe presentano notevolissimi fenomeni di *diffrazione* già sensibili per le brevissime onde luminose (*esperienza*); ne segue che esse girano intorno agli ostacoli opachi (conduttori) diminuendo le ombre. Un'altra conseguenza utile delle onde lunghe è la loro poca attitudine alla riflessione ed alla rifrazione che determinano l'opacità delle nebbie alla luce.

II. — *I progressi.*

I perfezionamenti della telegrafia senza fili consistono nell'aumento della *distanza*, nella *sicurezza* e *rapidità* delle segnalazioni, nell'accordo o *sintonizzazione* degli apparecchi ricevente e mittente.

a) Aumento della distanza.

Era naturale che dapprima gli sforzi fossero rivolti ad aumentare la distanza; solo le grandi distanze dànno valor pratico al sistema.

9. — *Disposizioni del generatore delle oscillazioni.* — Come generatore dell'energia fu sempre conservato il rocchetto di Rhumkorff con un tasto di accurata costruzione nel primario per la trasmissione

dei segnali Morse, al qual tasto si sostituirono anche i contatti dell'apparecchio rotante di Hughes.

α) *Altezza dell'antenna.* — L'aumento dell'altezza dell'antenna aumenta la distanza in rapida proporzione (come il quadrato dell'altezza), ma si raggiunge presto un limite.

β) L'*uso dei riflettori* o di lenti, tanto vantaggioso nella telegrafia ottica, dà buoni risultati colle onde elettriche molto brevi hertziane; ma per quelle lunghissime marconiane occorrerebbero apparecchi colossali; tentato dapprima, fu ben presto abbandonato.

γ) L'*aumento dell'energia* si può ottenere aumentando il *potenziale* o aumentando la *quantità* di elettricità scaricata. Il potenziale è determinato dalla *distanza esplosiva* e dal dielettrico in cui scatta la scintilla, a parità di distanza esplosiva è assai maggiore nei dielettrici liquidi che nell'aria (*). Perciò fu usato l'*olio di vaselina* (Sarasin e de La Rive, Righi); si ha così un fortissimo aumento di potenziale senza aumento di resistenza, perchè nel momento della scarica la scintilla si sostituisce al liquido come all'aria. Tale disposizione diede ottimi risultati nelle esperienze di laboratorio, ma nella pratica dovette essere abbandonata per le irregolarità che ne derivano.

Resta l'aumento della distanza esplosiva nell'aria, e si giunse infatti con buoni risultati fino a 30 cm. e più. Ma questo mezzo ha diversi inconvenienti: 1° aumento di *resistenza* e quindi di energia dissipata in calore; 2° conseguente maggiore *smorzamento* delle oscillazioni; lo smorzamento dovuto all'energia irraggiata è smorzamento utile, mentre quello dovuto alla resistenza rappresenta pura perdita; con scintille corte è predominante il primo, con scintille lunghe acquista grande importanza il secondo; 3° conseguente minor attitudine alle esperienze

(*) I seguenti dati sono dovuti al prof. Lombardi: d indica la distanza esplosiva in mm., P_a P_o il potenziale corrispondente nell'aria e nell'olio:

d	P_a	P_o
1	3300	12000
2	5800	21000
3	7700	27500
4	9300	32600
5	10500	37200
6	11600	41200
8	13400	48200
10	14800	54000
20	19300	—
30	22600	—
40	25300	—

di *risonanza;* 4° grande difficoltà di *isolamento* e *pericoli* per le persone; 5° questi inconvenienti al di là di un certo limite non sono che scarsamente compensati dall'aumento di potenziale perchè questo aumenta lentamente al crescere della distanza esplosiva (V. Tabella).

δ) Giunti al limite dei potenziali pratici, occorre ad ogni modo ricorrere all'aumento della *quantità* ossia della *capacità* dell'oscillare, questo è il mezzo adottato dal Marconi (e dal Braun) che usò delle potenti batterie di bottiglie di Leyda nelle recenti sue trasmissioni a distanza.

Data l'energia, si può utilizzarla in due modi, o trasmetterla in poche onde, ciascuna delle quali trasporti molta energia, o in molte onde deboli. Il primo sistema si presta meglio quando non c'è esatto accordo col ricevitore, il secondo quando l'accordo è stabilito. Siccome l'*accordo*, *coeteris-paribus*, aumenta la sensibilità, così anche esso va considerato come uno dei mezzi per accrescere la distanza di trasmissione; a ciò si presta l'uso dei condensatori.

Per quanto riguarda il generatore, le disposizioni principali cui si giunge sono dunque l'uso dell'*antenna* e di *forti capacità.*

10. — *Disposizioni del ricevitore.* — 1° Aumento dell'altezza dell'antenna, che (secondo il Marconi) deve essere uguale a quella del generatore.

2° La *sensibilità del coerer* con opportuna scelta e disposizione delle polveri (nikel) è veramente sorprendente.

I coerer a polveri metalliche richiedono una scossa per perdere la conduttività (decoerarsi), quindi devono essere attraversati da una corrente capace di far agire il *relais*, che fa funzionare il martelletto; è importante perciò la ricerca di un coerer *autodecoerantesi*, cioè, che dopo cessata l'emissione di onde, riprenda da sè la sua resistenza, funzionando così come un microfono, che, posto nel circuito di un telefono, può far sentire correnti estremamente deboli. Dopo i tentativi del Tommasina, la soluzione fu trovata dal Castelli, caporale semaforista della R. Marina Italiana. È un coerer composto di una goccia (o due) di mercurio tra due elettrodi di ferro (o di carbone). La sensibilità è tale che nelle esperienze della R. Marina la distanza di trasmissione, appena adottato il nuovo coerer, fu più che triplicata.

È con questo coerer, lievemente modificato, che il Marconi superò i 3400 chilometri attraverso l'Atlantico. La questione della sensibilità, del resto, è necessariamente connessa con quella della sicurezza. Dopo il coerer Castelli a recezione telefonica rimane a trovare il modo di

registrarne i segnali, ma anche senza ciò la trasmissione è possibile. Questo è certo uno dei passi più importanti che si siano fatti.

3° Il coerer non funziona quando la forza elettromotrice indotta agli estremi è inferiore ad un certo limite fisso; gioverà dunque elevare questa forza elettromotrice mediante un *trasformatore elevatore*. È questo uno dei primi perfezionamenti apportati dal Marconi (*jiger*). L'antenna contiene il primario, il coerer è nel secondario (fig. 5).

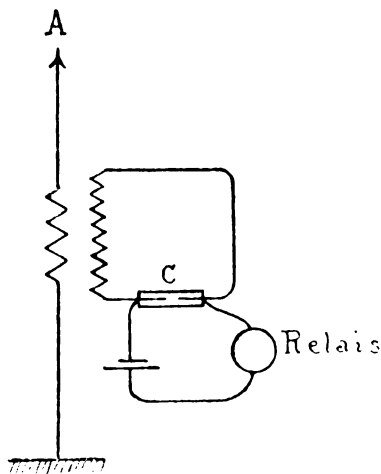



Fig. 5.

4° L'accordo col generatore, se abbastanza buono, è della massima efficacia.

In sostanza, il maggior progresso fu dato dal coerer autodecoerantesi a recezione telefonica.

b) Sicurezza e rapidità.

11. — La costruzione accurata del coerer, con piccola quantità di polvere posta nel vuoto, con elettrodi di argento o platino, aveva per scopo principale il regolare funzionamento. Gli studi successivi del Marconi e del Blondel sul valore più conveniente del potenziale (meno di un volt) della pila agente ai suoi estremi, e della corrente che lo attraversa (meno di un milliamp.), contribuirono al miglioramento; delle resistenze in serie ed in derivazione sulla pila servono a tenersi nei detti limiti; altre resistenze induttive servono ad impedire le perturbazioni dovute alle piccole scintille del relais. Ma difficile è ottenere la sicurezza e regolarità della decoerazione colle scosse; perciò

anche (e forse principalmente) a questo riguardo la soppressione del martelletto è di grande importanza. Varie disposizioni furono proposte per poter regolare il coerer a polvere, sia per la quantità di polvere, sia per la distanza degli elettrodi, onde regolarne la sensibilità, giacchè una sensibilità maggiore della necessaria nuoce alla sicurezza.

L'uso del trasformatore elevatore, oltre ad aumentare la sensibilità, giova alla sicurezza, perchè il conduttore primario, che riceve direttamente le onde, è in condizioni invariabili, e quindi un segnale mancato non turba i successivi. Ma i coerer a mercurio superano di gran lunga gli altri, non solo per l'assenza del relais e del martelletto, ma anche per la invariabilità delle condizioni della goccia liquida in confronto a quella delle polveri. Il comandante Bonomo riferisce che al telefono ricevente si sentono con chiarezza le vibrazioni dell'interruttore del rocchetto; ciò indica che non una delle singole scariche è senza effetto. Inoltre i segnali acquistano con ciò un carattere speciale che impedisce di confonderli, ad esempio, con gli effetti delle scariche atmosferiche.

Queste scariche atmosferiche sono un'altra causa perturbatrice; chi è pratico della trasmissione non trova però difficoltà a distinguere i segnali falsi dai buoni, ed il carattere ora accennato dei ricevitori Castelli rende la cosa ancor più facile. Con molta leggerezza fu dunque accusato il Marconi, più d'ogni altro esperto, di aver confuso, nelle trasmissioni transatlantiche, i segnali colle perturbazioni atmosferiche.

12. — La *rapidità* della trasmissione è intimamente legata colla sicurezza: quando ogni scarica ha il suo effetto, anche due scariche vicinissime si potranno avvertire separatamente. Per questa ragione la trasmissione, dapprima lentissima, andò via via accelerandosi, sino quasi a raggiungere nel ricevitore Castelli quella dell'ordinario telegrafo Morse.

c) Sintonizzazione.

13. — La *sintonizzazione* è necessaria quando si voglia che sia mantenuto il segreto del telegramma e, più ancora, quando ciascuna stazione formante parte di un vasto sistema debba ricevere solo i telegrammi che ad essa sono diretti.

Tacendo di alcuni sistemi proposti, ma non provati (Blondel), il metodo di sintonizzazione, che diede già buoni risultati, è quello fondato sul fenomeno di risonanza hertziana, di cui al § 5.

Faccio qualche esperienza in proposito con apparecchi a oscillazioni persistenti, quali le bottiglie del Lodge (V. fig. 4). Ho preparato quattro

di tali sistemi, uno mi serve come generatore, gli altri tre rappresentano tre stazioni riceventi, due poste a uguale distanza dal generatore (1 metro), la terza a distanza maggiore (2 metri): le indicherò con I, II, III.

Nel generatore, al posto del filo *a* (fig. 4), è sospesa una spirale di rame (fig. 6) divisa in parti disuguali in B; dai punti A, B, C si

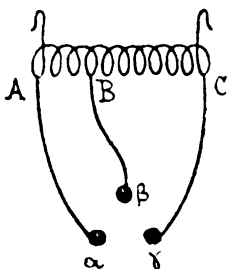



Fig. 6.

staccano tre fili che vanno a tre pozzetti di mercurio isolati α, β, γ; tra due qualunque di essi si può stabilire un corto circuito, in modo da escludere dal circuito tutta la spirale (α-γ), o la sua parte più lunga (β-γ), o la più breve (α-β); mentre senza alcun corto circuito è inclusa tutta la spirale. I tre ricevitori, mediante l'aggiunta di qualche spira, sono accordati in modo che col collegamento α-γ risponda *solo* il I, con β-γ solo il II, con α-β solo il III; quando invece non c'è alcun collegamento, nessuno dei ricevitori risponde. Così, messo a posto il corto circuito, quando chiudo il primario del rocchetto faccio scattare vivaci scintille in uno dei ricevitori a volontà, mentre gli altri tacciono (*esperienza*). E l'accordo è così perfetto, che anche portando vicinissimo l'apparecchio più lontano, nulla si ottiene; solo riducendo la sua distanza esplosiva a lunghezza estremamente piccola ricompare una scintillina appena visibile e il segreto può essere sorpreso. C'è però rimedio anche a questo. Infatti, mentre di solito la corrispondenza si ottiene chiudendo e aprendo il primario del rocchetto, con apparecchi ben sintonizzati la si può ottenere lasciando il rocchetto sempre in funzione e invece stabilendo e togliendo l'accordo mediante i detti corti circuiti, manovrabili anch'essi con un tasto a leva. Allora i segnali distinti non sono ricevuti che dall'apparecchio sintonizzato, mentre l'altro che si accosta e che aumenta al massimo la propria sensibilità per poter ricevere, ottiene una serie non interrotta e indecifrabile di segni (*esperienza*). L'accordo si può

stabilire o togliere, invece che coi corti circuiti, introducendo più o meno nella spirale un cilindro di rame massiccio (ciò equivale a diminuire l'autoinduzione) (*esperienza*), ed in tal modo si ha il vantaggio di trasmettere *senza toccare nè il primario, nè il secondario del rocchetto*. Analoghi effetti si possono ottenere con variazioni di capacità.

È evidente che il numero delle stazioni con cui si può corrispondere indipendentemente è determinato unicamente dalla precisione dell'accordo. Se in luogo della spirale della figura 6 ne avessi una di 100 spire e se bastasse l'aggiunta o la soppressione di una sola di esse per stabilire o togliere l'accordo, potrei corrispondere con 100 stazioni diverse.

14. — Le esperienze qui fatte sono semplicemente dimostrative; gli apparecchi si prestano alla sintonizzazione per la grande persistenza delle loro oscillazioni; ma non si prestano alla trasmissione a distanza, perchè sono circuiti chiusi. I circuiti aperti hertziani, buoni radiatori, dànno invece oscillazioni fortemente smorzate; perciò l'accordo non è molto ben definito, come lo nota lo stesso Hertz confrontandolo con l'accordo acustico. Da ciò taluno argui che le onde hertziane non si prestino alla sintonizzazione. Ma il problema va posto in modo diverso. Si tratta di modificare il sistema in modo che possegga nel tempo stesso buon potere raggiante e buona persistenza. Si raggiunge lo scopo combinando un circuito chiuso analogo a quelli qui adoperati con altro circuito contenente l'antenna e adoperando notevoli quantità di energia (condensatori) in modo che ciascuna onda ne trasporti una piccola frazione.

Nel circuito chiuso di scarica di una bottiglia di Leyda è contenuta una spirale che forma il primario di un trasformatore, il secondario è una seconda spirale, posta da un capo in comunicazione colla terra, dall'altro coll'antenna. I due circuiti, primario e secondario, devono avere il medesimo periodo dell'oscillazione propria (fig. 7).

Il ricevitore è costituito in modo analogo: l'antenna è collegata col primario del trasformatore, il secondario contiene nel suo circuito il coerer, a pari distanza le antenne sono assai più corte che col sistema antico (*). Con simili apparecchi, dei quali non si conoscono tutti i particolari, il Marconi riusci ad ottimi risultati. Unendo ad una medesima antenna mittente due generatori diversamente accordati, e

(*) All'antenna fu anche dal Marconi sostituito un largo tubo. Con soli m. 1,25 di altezza potè con esso corrispondere a 50 km.

a una medesima antenna (fig. 8) ricevente due ricevitori, accordati ciascuno con uno dei generatori, riuscì a trasmettere contemporanea-

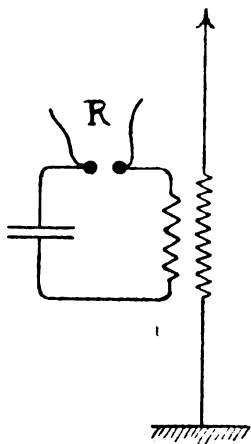
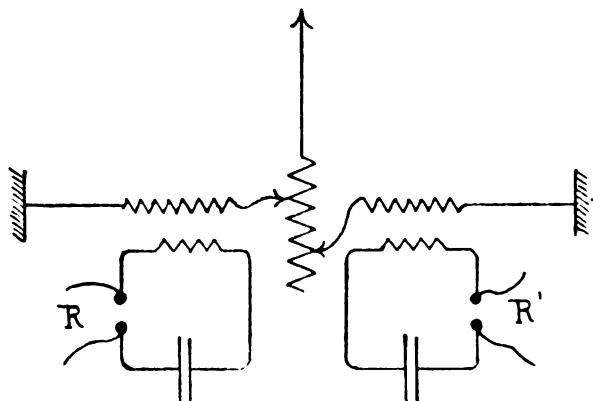



Fig. 7. Fig. 8.

mente in modo perfetto due telegrammi differenti! Su analogo principio sono fondati gli apparecchi del Braun, ma non pare che i risultati ne siano altrettanto brillanti.

15. — Certamente rimangono ancora molti passi da fare, ma già fin d'ora si è giunti ad un notevole grado di perfezione, e piuttosto che discutere sull'avvenire di un sistema che ha solo pochi anni di vita e ricercare i casi in cui esso *non* sarà applicabile, è preferibile notare come esso abbia già risoluto un problema non prima altrimenti risoluto, quello di mantenere in comunicazione a distanze assai grandi le navi tra di loro e le navi colla costa con incalcolabile vantaggio dei naviganti. Le stazioni che funzionano regolarmente e le navi munite di apparecchi sono già assai più numerose di quanto alcuni vogliono far credere, specie lungo le coste inglesi, tedesche ed americane.

Oltre al Marconi, il quale, come fu l'iniziatore, così si mantenne sempre alla testa del movimento, altri si occuparono della questione od eseguirono notevoli esperienze su larga scala. Tra questi va nominata prima la R. Marina Italiana, che mise in comunicazione le isole del Tirreno tra loro e col Continente.

Importanti esperimenti furono fatti anche dalla Marina Francese, dallo Slaby e dal Braun in Germania, dal Popoff in Russia, ecc. Gli

apparecchi usati non differiscono gran fatto da quelli del Marconi, e certo non ottengono risultati nè diversi, nè migliori. Ad ogni modo, qualunque sia l'avvenire del sistema, qualunque ne sia la disposizione definitiva, nella storia di questa, che è certo la più brillante tra le applicazioni elettriche, primeggierà sempre il nome di Guglielmo Marconi.

N. 25.

9 e 16 Marzo 1902. — *Prof.* FERDINANDO LORI.

LE TEORIE ELETTROMAGNETICHE DELL'ELETTRICITÀ E DELLA LUCE.

L'argomento di queste due conferenze è lo stato attuale delle teorie elettromagnetiche dell'elettricità e della luce, specialmente sotto il punto di vista delle obbiezioni sollevate recentemente contro questa, che pareva tra le più salde conquiste della filosofia naturale moderna. Mi ha suggerito il tema la lettura dell'opera *Électricité et optique* di H. Poincaré, pubblicata nell'anno scorso, la quale è nel tempo stesso sintesi, confronto e critica delle teorie elettrodinamiche ed elettromagnetiche. L'alto argomento è incomparabilmente inferiore alle mie forze, ma questa lettura mi ha destato tale interesse, che sento di parlarne almeno con ardore, e non ho saputo rinunciare al piacere di esporre, pur in conferenze promosse da un'Associazione di elettrotecnica, lo stato odierno di teorie, che ci venivano esposte dalla cattedra con convinzione quasi definitiva, e che certamente colpirono molto la nostra imaginazione.

Le teorie enunciate per spiegare i fenomeni luminosi derivano da due concetti fondamentali: quello dell'emissione e quello delle ondulazioni. Dimostrata sperimentalmente la velocità finita di propagazione del fenomeno luminoso, era necessario cercarne la spiegazione nel trasporto di un'entità fisica dal punto illuminante al punto illuminato. Qualche cosa doveva essere il sostegno della luce, quando questa era partita dalla sorgente illuminante, e non aveva ancora raggiunto il corpo illuminato. Questa entità poteva essere o una materia (teoria dell'emissione) o una entità meccanica, come il moto, la pressione,

la tensione, ecc. (teoria delle ondulazioni). La seconda ipotesi conduceva come corollario all'esistenza di una sostanza capace o di muoversi o di subire pressioni e tensioni, e questa sostanza doveva esistere dovunque fosse possibile la propagazione del fenomeno luminoso, cioè in tutto l'universo, perchè da qualunque punto dell'universo ci può venire la luce. La prima ipotesi precedette la seconda in tempo, e fu anche presto abbandonata, perchè, pur con grandi sforzi di logica, alcuni fenomeni luminosi non potevano essere interpretati con la teoria dell'emissione.

Accettata l'ipotesi che il fenomeno luminoso fosse dovuto alla propagazione delle variazioni col tempo di un'entità meccanica, i fenomeni di interferenza esigevano che queste variazioni fossero oscillazioni della stessa entità fra due massimi uguali in valore assoluto e di segno contrario: cioè la propagazione avvenisse per onde, delle quali i fenomeni di interferenza stessi insegnavano a calcolare la lunghezza. I fenomeni di dispersione insegnavano che la luce bianca era dovuta al sovrapporsi di molte luci monocromatiche caratterizzate da diverse lunghezze d'onda; e che la propagazione delle luci monocromatiche avviene per tutte colla medesima velocità nello spazio vuoto, e con velocità diverse attraverso i corpi trasparenti. La scoperta di luce polarizzata, che ha qualità diverse nelle diverse direzioni normali alla direzione della propagazione, conduceva ad ammettere una componente dell'ondulazione perpendicolare a questa direzione, e l'impossibilità sperimentalmente verificata di far interferire due raggi polarizzati ortogonalmente dimostrava la non esistenza di una componente delle ondulazioni parallela alla direzione della propagazione, e cioè la trasversalità delle ondulazioni. La luce adunque, secondo la teoria delle ondulazioni, è dovuta ad oscillazioni trasversali di un'entità relativa all'etere. Se sono le molecole di questa, che si muovono percorrendo traiettorie determinate, o se sono le pressioni e tensioni interne dell'etere che subiscono perturbazioni ondulatorie, o se sono i due fenomeni collegati, non occorre nè si può stabilire: ma il linguaggio spontaneamente adottato è stato quello di velocità, di ampiezza dell'escursione, di massa, come se si trattasse effettivamente di particelle oscillanti intorno ad una determinata posizione di equilibrio, che è quella che occupano allo stato di riposo. Queste oscillazioni sono rettilinee e sempre ugualmente orientate, come le oscillazioni di un pendolo piano, nel caso della luce monocromatica rettilineamente polarizzata: esse sono ellittiche con gli assi delle ellissi sempre ugualmente orientati nel caso della luce monocromatica polarizzata ellitticamente: sono ellittiche, con gli assi delle ellissi variabili continuamente in direzione

e grandezza per la luce monocromatica ordinaria: e sono più complesse nel caso della luce non monocromatica.

L'orientazione delle oscillazioni nel piano normale al raggio di propagazione non è conosciuta con sicurezza. Definito il piano di polarizzazione, tutti i fenomeni conosciuti possono essere spiegati ugualmente, tanto ammettendo che le oscillazioni siano contenute in questo piano, quanto ammettendo che gli sieno perpendicolari. L'una è l'ipotesi di Neumann, l'altra è quella di Fresnel.

Le equazioni differenziali, che definiscono il moto delle particelle dell'etere, possono assumere varie forme. Ricorderò le due più importanti pel caso della propagazione attraverso l'etere vuoto.

Prima forma.

$$\left.\begin{aligned}
\mu\left(\frac{d^2\xi}{dx^2}+\frac{d^2\xi}{dy^2}+\frac{d^2\xi}{dz^2}\right)&=\rho\frac{d^2\xi}{dt^2}, \\
\mu\left(\frac{d^2\eta}{dx^2}+\frac{d^2\eta}{dy^2}+\frac{d^2\eta}{dz^2}\right)&=\rho\frac{d^2\eta}{dt^2}, \\
\mu\left(\frac{d^2\zeta}{dx^2}+\frac{d^2\zeta}{dy^2}+\frac{d^2\zeta}{dz^2}\right)&=\rho\frac{d^2\zeta}{dt^2},
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

essendo ρ la densità dell'etere, μ la sua costante elastica (viene ammesso che come sostanza elastica sia isotropa), ξ, η, ζ le componenti secondo tre assi ortogonali degli spostamenti della molecola occupante nella posizione di equilibrio il punto di coordinate x, y, z. La velocità di propagazione delle oscillazioni è $\sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$.

Seconda forma.

$$\left.\begin{aligned}
\rho\frac{d\xi}{dt}=-\left(\frac{dw}{dy}-\frac{dv}{dz}\right);\ \rho\frac{d\eta}{dt}=-\left(\frac{du}{dz}-\frac{dw}{dx}\right); \\
\rho\frac{d\zeta}{dt}=-\left(\frac{dv}{dx}-\frac{du}{dy}\right),
\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

essendo u, v, w tre funzioni ausiliarie collegate alle funzioni ξ, η, ζ, dalle relazioni differenziali seguenti:

$$\left.\begin{array}{l}\frac{1}{\mu}\,\frac{d\,u}{d\,t}=\frac{\mathrm{d}\,\zeta}{\mathrm{d}\,y}-\frac{\mathrm{d}\,\eta}{\mathrm{d}\,z};\quad \frac{1}{\mu}\,\frac{d\,v}{d\,t}=\frac{\mathrm{d}\,\xi}{\mathrm{d}\,z}-\frac{\mathrm{d}\,\zeta}{\mathrm{d}\,x};\\ \qquad\qquad \frac{1}{\mu}\,\frac{d\,w}{d\,t}=\frac{\mathrm{d}\,\eta}{\mathrm{d}\,x}-\frac{\mathrm{d}\,\xi}{\mathrm{d}\,y},\end{array}\right\}\quad(3)$$

le quali definiscono le funzioni u, v, w a meno di una costante.

Le equazioni della seconda forma rimangono inalterate se si scambiano le otto quantità:

$$\xi \quad \eta \quad \zeta \quad u \quad v \quad w \quad \rho \quad \mu$$

con le otto seguenti:

$$u \quad v \quad w \quad -\xi \quad -\eta \quad -\zeta \quad \frac{1}{\mu} \quad \frac{1}{\rho}.$$

Questo scambio corrisponde al passaggio dalla ipotesi di Neumann a quella di Fresnel: si ha così la dimostrazione analitica che entrambe sono equivalenti.

Come negli ordinari fenomeni meccanici, si può anche in questo delle ondulazioni luminose considerare l'energia cinetica e quella potenziale. La prima è in ogni istante proporzionale al quadrato della velocità, e il suo valor medio, nel caso di oscillazioni pendolari semplici, proporzionale al quadrato dell'ampiezza. Per le onde piane l'energia cinetica è anche proporzionale a quella potenziale. L'intensità della luce monocromatica è, sotto un certo aspetto, proporzionale anch'essa al quadrato dell'ampiezza. Infatti, due sorgenti luminose uguali e vicine (per esempio, puntiformi) producono sopra una superficie lontana perturbazioni di ampiezza diversa da punto a punto della superficie. In alcune regioni di questa pervengono dalle due sorgenti perturbazioni ugualmente dirette che si sommano: in altre perturbazioni di segno opposto, che si elidono. Così la superficie è come divisa in zone, attraverso cui si passa da un massimo di intensità, corrispondente ad un'ampiezza di oscillazione doppia di quella che produrrebbe una sorgente sola, al riposo assoluto. Queste zone sono così vicine l'una all'altra (alcune migliaia in un millimetro), che l'occhio non le può distinguere separatamente, e riceve dalla superficie illuminante l'impressione di un'illuminazione uniforme media tra l'intensità zero e quella corrispondente ad un'ampiezza di oscillazione doppia di quella emanante da una sola sorgente. Ora la fotometria è fondata sulla convenzione che l'illuminazione dell'oggetto lontano ottenuta con due sorgenti uguali molto vicine sia doppia di quella che sarebbe ottenuta con una sorgente sola. Per non contraddire a questa convenzione è necessario ammettere che l'intensità della luce corrispondente ad una

oscillazione di ampiezza doppia sia quadrupla di quella corrispondente ad un'oscillazione di ampiezza semplice. Questo ragionamento vale soltanto per l'effetto fisiologico (luce) delle vibrazioni eteree.

Ma queste vibrazioni producono anche due altre categorie di effetti, quello termico e quello fotochimico; e l'intensità termica e quella fotochimica sono proporzionali anch'esse al quadrato dell'ampiezza, e quindi all'energia cinetica? La scienza non può rispondere a questa domanda con sicurezza.

Analiticamente il problema delle oscillazioni luminose è dell'ordine di difficoltà dell'integrazione dell'equazione differenziale:

$$\Delta \varphi + K \frac{d^2 \varphi}{d t^2} = 0 \tag{4}$$

essendo φ una funzione delle quattro variabili x, y, z e t, ed essendo

$$\Delta \varphi = \frac{d^2 \varphi}{d x^2} + \frac{d^2 \varphi}{d y^2} + \frac{d^2 \varphi}{d z^2}. \tag{5}$$

Questa equazione si può ridurre facilmente all'altra ben nota della teoria del potenziale:

$$\Delta \varphi + 4 \pi F (x\, y\, z) = 0. \tag{6}$$

Quando le oscillazioni sono pendolari, si tratta più semplicemente dell'integrazione dell'equazione:

$$\Delta \varphi + h^2 \varphi = 0. \tag{7}$$

Sono, come è noto, riducibili alle quadrature per mezzo del teorema di Hugues i due casi fondamentali, in cui è conosciuto il valore di φ in un istante di tempo determinato per tutti i punti di uno spazio indefinito attraverso il quale avviene la propagazione, oppure è conosciuto il valore di φ in tutti gli istanti di tempo di un dato intervallo e per tutti i punti della superficie limite di un dato spazio finito.

Lo studio particolareggiato dei fenomeni luminosi fu esempio fecondo dello studio di un fenomeno fisico esteso a tutti i punti di un determinato spazio. Il fenomeno della luce emessa da una sorgente non è limitato alla sorgente stessa; ma in ogni punto dello spazio

circostante vi ha luogo a considerare entità fisiche, il cui valore dipende dalle condizioni di oscillazione della sorgente stessa. Il fenomeno luminoso è conosciuto completamente soltanto se si conosce il valore di queste entità fisiche in tutti i punti dello spazio e in tutti gli istanti del tempo. Se fra questi valori esistono relazioni analitiche, per virtù delle quali è possibile ottenere, mediante calcoli più o meno complessi, alcuni di essi da un certo numero di valori limitato, queste relazioni sono le equazioni esprimenti le leggi del fenomeno.

Dal punto di vista di interessare tutto lo spazio anzichè i corpi sui quali direttamente si agisce, non altrimenti della luce si svolgono i fenomeni elettrici e magnetici. Faraday precisò primo questo concetto coll'intuizione delle linee di forza del campo. Così, per esempio, l'elettrizzazione di una sfera è accompagnata dal manifestarsi di una speciale entità fisica in tutto lo spazio che la circonda, la quale si chiama intensità del campo elettrostatico nelle regioni vuote di sostanza ponderale od occupate da dielettrici, e si chiama densità dell'elettrizzazione indotta nelle regioni occupate da sostanza conduttrice. Variare l'elettrizzazione della sfera vuol dire alterare il valore di queste entità fisiche in tutto lo spazio: la conoscenza di questa alterazione in tutti i punti dello spazio e della rapidità con cui si propaga attraverso lo spazio stesso è la conoscenza del fenomeno elettrico. Dedurre gli infiniti valori di quest'alterazione da alcuni parametri fondamentali, vuol dire conoscere le leggi del fenomeno. Ogni limitazione del numero di questi parametri fondamentali è una conquista della fisica.

Così segue il fenomeno nel caso di corpi magnetizzati e di correnti elettriche. Ogni corrente elettrica non è un fenomeno limitato al conduttore attraverso il quale si propaga: questo conduttore è come il sostegno di tutto il campo magnetico, che ha sede nello spazio circostante.

Sotto il punto di vista della creazione di questi campi elettrici e magnetici e della velocità di propagazione delle loro perturbazioni, Maxwell studiò pel primo analiticamente i fenomeni dell'elettricità e del magnetismo; Herz verificò pel primo le conseguenze sperimentali delle equazioni di Maxwell. Il risultato maggiore di questi studi fu che la velocità di propagazione delle perturbazioni di questi campi, almeno pel caso dello spazio vuoto, è uguale a quella della luce.

Se si indicano con α, β, γ le componenti secondo tre assi coordinati ortogonali dell'intensità del campo magnetico in un punto dello spazio; con X, Y, Z quelle dell' intensità del campo elettrico; con $\overline{\mu}$ la permeabilità magnetica, e con K il potere induttore specifico del punto del campo dove la forza magnetica e la forza elettrica hanno i pre-

cedenti valori, le equazioni fondamentali della propagazione delle perturbazioni in questo campo, nell'ipotesi di uno spazio elettricamente e magneticamente isotropo (nel quale $\bar{\mu}$ e K sono costanti), sono le seguenti:

$$\left.\begin{aligned}\bar{\mu}\frac{d\alpha}{dt} &= -\left(\frac{\mathbf{d}Z}{\mathbf{d}y}-\frac{\mathbf{d}Y}{\mathbf{d}z}\right)\\ \bar{\mu}\frac{d\beta}{dt} &= -\left(\frac{\mathbf{d}X}{\mathbf{d}z}-\frac{\mathbf{d}Z}{\mathbf{d}x}\right)\\ \bar{\mu}\frac{d\gamma}{dt} &= -\left(\frac{\mathbf{d}Y}{\mathbf{d}x}-\frac{\mathbf{d}X}{\mathbf{d}y}\right)\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

$$\left.\begin{aligned}K\frac{dX}{dt} &= \frac{\mathbf{d}\gamma}{\mathbf{d}y}-\frac{\mathbf{d}\beta}{\mathbf{d}z}\\ K\frac{dY}{dt} &= \frac{\mathbf{d}\alpha}{\mathbf{d}z}-\frac{\mathbf{d}\gamma}{\mathbf{d}x}\\ K\frac{dZ}{dt} &= \frac{\mathbf{d}\beta}{\mathbf{d}x}-\frac{\mathbf{d}\alpha}{\mathbf{d}y}\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Fra queste equazioni, che rappresentano le leggi della propagazione delle perturbazioni elettromagnetiche, e quelle (2) e (3), che rappresentavano le leggi della propagazione delle perturbazioni luminose, l'analogia appare evidente, se si derivano rispetto al tempo le equazioni (2) e (3), con che, accennando con apici all'operazione della derivazione, si ottiene:

$$\left.\begin{aligned}\rho\frac{d\xi'}{at} &= -\left(\frac{\mathbf{d}w'}{\mathbf{d}y}-\frac{\mathbf{d}v'}{\mathbf{d}z}\right)\\ \rho\frac{d\eta'}{dt} &= -\left(\frac{\mathbf{d}u'}{\mathbf{d}z}-\frac{\mathbf{d}w'}{\mathbf{d}x}\right)\\ \rho\frac{d\zeta'}{dt} &= -\left(\frac{\mathbf{d}v'}{\mathbf{d}x}-\frac{\mathbf{d}u'}{\mathbf{d}y}\right)\end{aligned}\right\} \quad (10)$$

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{\mu}\frac{du'}{dt} &= \frac{\mathbf{d}\zeta'}{\mathbf{d}y}-\frac{\mathbf{d}\eta'}{\mathbf{d}z}\\ \frac{1}{\mu}\frac{dv'}{dt} &= \frac{\mathbf{d}\xi'}{\mathbf{d}z}-\frac{\mathbf{d}\zeta'}{\mathbf{d}x}\\ \frac{1}{\mu}\frac{dw'}{dt} &= \frac{\mathbf{d}\eta'}{\mathbf{d}z}-\frac{\mathbf{d}\xi'}{\mathbf{d}y}\end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Se si sostituisce alle quantità:

$$K \quad X \quad Y \quad Z \quad \bar{\mu} \quad \alpha \quad \beta \quad \gamma$$

della teoria elettromagnetica le quantità:

$$\frac{1}{\mu} \quad u' \quad v' \quad w' \quad \rho \quad \xi' \quad \eta' \quad \zeta'$$

della teoria della luce, le equazioni (8) e (9) diventano coincidenti con le equazioni (10) e (11).

Viceversa si può ottenere la coincidenza delle equazioni (8) e (9) con le equazioni (10) e (11), sostituendo alle quantità:

$$K \quad X \quad Y \quad Z \quad \bar{\mu} \quad \alpha \quad \beta \quad \gamma$$

della teoria elettromagnetica, le quantità:

$$\rho \quad \xi' \quad \eta' \quad \zeta' \quad \frac{1}{\mu} \quad -u' \quad -v' \quad -w'$$

della teoria della luce.

Analiticamente adunque, tanto la propagazione delle perturbazioni elettromagnetiche quanto quella delle oscillazioni luminose, dipendono dall'integrazione del medesimo sistema di equazioni differenziali. Questo risultato analitico e la coincidenza numerica della velocità di propagazione delle due categorie di perturbazioni, suggerirono a Maxwell l'ipotesi che le perturbazioni luminose altro non fossero che perturbazioni elettromagnetiche caratterizzate soltanto da speciali valori della lunghezza d'onda, dell'ampiezza e della forma.

Secondo questa ipotesi, una particella di etere non è un corpuscolo capace di oscillare intorno ad una posizione di equilibrio, e la luce non è il risultato delle oscillazioni; ma ogni molecola di etere è un corpuscolo capace di acquistare una polarità elettrica ed una polarità magnetica, e la luce è la variazione rapidissima fra massimi di segno opposto di queste polarità.

Quando Herz, con mezzi puramente elettrici, vide e misurò le onde elettromagnetiche, e verificò che la loro velocità di propagazione attraverso lo spazio vuoto coincideva con quello della luce, l'ipotesi di Maxwell divenne una delle più salde teorie della fisica moderna, e un grande passo parve compiuto verso la concezione sintetica delle energie fisiche. La luce divenne un capitolo dell'elettromagnetismo.

Furono studiati e misurati fenomeni di rifrazione, di polarizzazione, di diffrazione di onde puramente elettromagnetiche, come era avvenuto dei loro omonimi della luce.

La duplice sostituzione per cui le equazioni differenziali delle onde elettromagnetiche possono diventare coincidenti con quelle della luce,

corrisponde alla doppia ipotesi fisica di Fresnel e di Neumann. Secondo la prima, la forza elettrica è proporzionale alla velocità dell'etere: il potere induttore specifico proporzionale alla densità dell'etere, e questa densità è quindi variabile da un dielettrico ad un altro; la permeabilità proporzionale al coefficiente di elasticità dell'etere, e questo coefficiente quindi costante in tutti i dielettrici. Secondo l'ipotesi di Neumann invece, la forza magnetica corrisponde alla velocità dell'etere, che ha densità costante ed elasticità variabile da un dielettrico ad un altro. L'energia totale nella teoria di Maxwell (somma dell'energia elettrica e dell'energia magnetica) ha l'espressione seguente:

$$W = \int \frac{K}{8\pi} (X^2 + Y^2 + Z^2)\, d\tau + \int \frac{\mu}{8\pi} (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)\, d\tau$$

essendo $d\tau$ l'elemento di volume. Il primo termine nell'ipotesi di Fresnel equivale all'energia cinetica: il secondo a quella potenziale.

Nemmeno lo studio delle onde elettromagnetiche, benchè sia possibile conoscere in tal caso la direzione della forza elettrica e quella della forza magnetica, ha condotto a decidere definitivamente fra la teoria di Neumann e quella di Fresnel. Esso ha solamente dimostrato che l'intensità fotochimica è proporzionale all'energia cinetica, confermando così il risultato ottenuto da Wiener fissando sopra una pellicola le onde stazionarie, che si producono facendo interferire con i raggi riflessi quelli incidenti sopra una superficie speculare sotto un angolo di 45° o prossimo a 90°.

Investighiamo ora più da vicino le proprietà dell'etere di Maxwell rivolgendo la nostra attenzione ad altri fenomeni elettrici e magnetici che non hanno i loro corrispondenti nella luce. Questi sono, p. e., la carica e la scarica di un condensatore che possono effettuarsi mediante una ondulazione di durata infinita: l'elettrizzazione e la magnetizzazione dei corpi. Ammettendo l'ipotesi di Fresnel, si deve ammettere che una sfera elettrizzata immersa in un campo isolante indefinito sia come centro verso cui o da cui si muova l'etere in tutte le direzioni.

Questo movimento centrifugo o centripeto, secondo il segno della elettrizzazione della sfera, dura quanto dura l'elettrizzazione e, poichè un corpo può rimanere lunghissimamente elettrizzato, nè varia la sua energia, così il movimento dell'etere si deve compiere senza consumo, nè acquisto di energia. Questo movimento sarà così lento, che anche

dopo molto tempo una quantità non grande di etere abbia abbandonato o raggiunto il corpo elettrizzato? Oppure il fenomeno sarà come quello di alcune sostanze odorose, che riempiono vasti ambienti anche per anni del loro profumo senza che il loro peso varii sensibilmente? O l'esistenza di un corpo elettrizzato di un segno solo in uno spazio dielettrico indefinito sarà una semplice astrazione della teoria, e non potranno esistere fisicamente che complessi di corpi tra cui l'etere fluisca in un senso, e nel contrario senza che in alcun punto dello spazio la densità sua divenga nulla o infinita, come non potrebbe esistere un fiume d'acqua sulla terra senza che la corrente di vapore formi una continuità ininterrotta fra il mare e i continenti? Questo ultimo concetto pare più vicino alle idee di Maxwell, che nel capitolo dell'elettrostatica ha considerato l'etere addirittura come incompressibile. Del resto, se esso non è suscettibile di oscillazioni longitudinali (lo che non è provato, anzi lo esclude l'elettrodinamica di Helmholtz, che è più generale in questo senso di quella di Maxwell), ciò deve essere o perchè è incompressibile, o perchè non reagisce contro la compressione e la distensione. Quest'ultimo è, per esempio, il caso dei gas, che non sono suscettibili di oscillazioni trasversali, perchè uno strato può strisciare sopra quello contiguo senza che si manifesti una forza reattiva. Ma se l'etere non reagisce alla compressione, tostochè, per virtù di una forza esterna, questa compressione sia cominciata, essa prosegue indefinitamente senza spese di energia finchè una forza esterna non l'arresti o non le faccia cambiar segno. Elettrizzare un corpo vorrebbe dire imprimere all'etere il moto che lo comprima. Questo moto continuerà poi indefinitamente, fintantochè altre correnti di etere non lo deviino o non ne alterino la velocità.

Secondo l'ipotesi di Neumann, sono i corpi magnetici e le correnti elettriche intorno cui l'etere muove, e, verosimilmente, con vertiginosa rapidità, perchè, per effetto del movimento della terra nello spazio, i corpi che stanno sulla superficie di essa non si comportano come immersi in un campo magnetico; per modo che il campo corrispondente alla velocità di etere paragonabile a quella della terra nello spazio planetario è inferiore per intensità agli ordinari campi magnetici, che sogliamo produrre nei laboratori.

Qualunque sia l'ipotesi, o di Neumann o di Fresnel, che vogliamo scegliere, non possiamo evitare di ammettere nei fenomeni elettrici e magnetici spostamenti finiti di due molecole di etere contigue l'una rispetto all'altra. Quest'osservazione turba i nostri concetti intorno ai fenomeni elastici, in cui non eravamo abituati a considerare spostamenti così grandi. L'elasticità dell'etere è dunque diversa da quella

degli ordinari corpi elastici. Fra i modelli da immaginarsi per spiegare almeno alcune apparenze di questa speciale elasticità, merita particolare menzione quello di Thomson, secondo il quale ogni molecola di etere sarebbe come un giroscopio in rotazione, il cui asse ha tendenza a rimanere orientato in una certa direzione e che, spostato di un angolo superiore ad un certo limite, acquista tendenza ad orientarsi diversamente. Secondo questo modello, non esisterebbe energia potenziale: quella che abbiamo chiamato potenziale, finora sarebbe l'energia cinetica dovuta alla rotazione di ogni molecola intorno al suo asse.

Quanto alle difficoltà analitiche del problema, qualunque sia il meccanismo dell'elasticità dell'etere, qualunque delle due ipotesi fondamentali voglia essere accettata, la propagazione delle onde o elettromagnetiche o luminose attraverso uno spazio isotropo dipende dalla interpretazione di quella stessa equazione differenziale:

$$\Delta \phi + h^2 \phi = 0,$$

da cui tanti problemi di fisica matematica dipendono insieme. Così la teoria elettromagnetica della luce, finchè si tratta di propagazione attraverso lo spazio vuoto, se non è la spiegazione dei fenomeni, è un modello con cui questi fenomeni possono essere riprodotti. Le difficoltà sorgono e non sono state superate, quando voglia esser fatta l'estensione della teoria elettromagnetica alla propagazione delle onde attraverso i corpi materiali in quiete od in moto, perchè si incontrano allora i fenomeni della dispersione, della polarizzazione rotatoria magnetica e dello strascinamento delle onde luminose, che non possono essere riprodotti col nostro modello.

Le equazioni delle perturbazioni elettromagnetiche per i corpi in movimento sono state stabilite con molta chiarezza da Hertz mediante una generalizzazione dei teoremi di Maxwell per i corpi in riposo, che diventa immediata se premettiamo una osservazione relativa alle equazioni (9).

Il primo membro di queste ha ricevuto da Maxwell una seconda interpretazione fisica. Egli ammette che il cambiamento di polarità elettrica di una molecola avvenga per lo spostamento di una opportuna quantità di elettricità da una faccia della molecola stessa verso la faccia opposta. È come una speciale corrente elettrica che percorre le molecole dei dielettrici. Maxwell l'ha chiamata *corrente di sposta-*

mento. La sua intensità, le cui componenti, riferite all'unità di superficie indicheremo con f, g, h, è collegata alla forza elettrica dalle relazioni seguenti:

$$f = \frac{K}{4\pi} \frac{dX}{dt}; \qquad g = \frac{K}{4\pi} \frac{dY}{dt}; \qquad h = \frac{K}{4\pi} \frac{dZ}{dt}. \quad (12)$$

Con questa osservazione le equazioni (9) possono ancora scriversi:

$$4\pi f = \frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz}; \; 4\pi g = \frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx}; \; 4\pi h = \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy}. \quad (13)$$

Esse diventano immediatamente applicabili anche al caso dei corpi conduttori dell'elettricità, se oltre alla corrente di spostamento si considera l'ordinaria corrente di conduzione, e indicandone le componenti con p, q, r, si definisce la corrente totale come somma delle due correnti, di spostamento, propria delle molecole dielettriche, e di conduzione, propria delle molecole conduttrici. Siano u, v, w le componenti di questa corrente totale, cioè sia:

$$u = p + \frac{df}{dt}; \; v = q + \frac{dg}{dt}; \; w = r + \frac{dh}{dt}. \qquad (14)$$

Le equazioni più generali sono:

$$\left.\begin{aligned} 4\pi u &= \frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz} \\ 4\pi v &= \frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx} \\ 4\pi w &= \frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy}. \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

Così scritte, le equazioni (15) e le (8) sono la traduzione analitica dei due teoremi seguenti:

1° Immaginato un parallelepipedo elementare $dx\,dy\,dz$, l'integrale di linea della forza elettrica lungo il contorno di una faccia del parallelepipedo è uguale alla derivata presa rispetto al tempo del flusso di induzione magnetica attraverso la stessa faccia;

2° Continuando ad immaginare lo stesso parallelepipedo, l'integrale di linea della forza magnetica lungo il contorno di una sua faccia è uguale alla derivata rispetto al tempo e presa col segno cambiato del flusso di induzione elettrica attraverso la stessa faccia, cioè al pro-

dotto col segno cambiato del fattore 4π per la quantità di elettricità che traversa la faccia.

Questi teoremi, come è noto, hanno valore anche se, anzichè di facce di un parallelepipedo elementare, trattasi di superficie qualunque, pure di estensione finita, immerse nel campo. Ora Herz ha ammesso che gli stessi teoremi non perdano la loro validità nel caso che esistano nel campo corpi in movimento, purchè la superficie fondamentale, lungo il cui contorno si debbano integrare la forza elettrica e la forza magnetica, e attraverso la cui area si debbano misurare l'elettricità che passa e il flusso magnetico, sia trascinata nel movimento della materia. Le equazioni fondamentali di Herz, dedotte da questi due teoremi, sono le seguenti:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d(\mu\alpha)}{dt} &= -\left(\frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz}\right) + [\mu\alpha] \\
\frac{d(\mu\beta)}{dt} &= -\left(\frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx}\right) + [\mu\beta] \\
\frac{d(\mu\gamma)}{dt} &= -\left(\frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy}\right) + [\mu\gamma]
\end{aligned}\right\} \quad (16)$$

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz} &= 4\pi u \\
\frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx} &= 4\pi v \\
\frac{d\beta}{dy} - \frac{d\alpha}{dy} &= 4\pi w
\end{aligned}\right\} \quad (17)$$

essendo:

$$\left.\begin{aligned}
[\mu\alpha] &= \frac{d}{dy}\mu(\beta\xi - \alpha\eta) - \frac{d}{dz}\mu(\alpha\zeta - \gamma\xi) - \xi\Sigma\frac{d(\mu\alpha)}{dx} \\
[\mu\beta] &= \frac{d}{dz}\mu(\gamma\eta - \beta\zeta) - \frac{d}{dx}\mu(\beta\xi - \alpha\eta) - \eta\Sigma\frac{d(\mu\alpha)}{dx} \\
[\mu\gamma] &= \frac{d}{dx}\mu(\alpha\zeta - \gamma\xi) - \frac{d}{dy}\mu(\gamma\eta - \beta\zeta) - \zeta\Sigma\frac{d(\mu\alpha)}{dx}
\end{aligned}\right\} \quad (18)$$

dove per brevità è posto:

$$\Sigma\frac{d(\mu\alpha)}{dx} = \frac{d(\mu\alpha)}{dX} + \frac{d(\mu\beta)}{dy} + \frac{d(\mu\gamma)}{dz}$$

ed essendo:

$$\left.\begin{aligned} u &= p + \frac{d f}{d t} + \rho' \xi + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} z}(h \eta - g \zeta) - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} y}(g \xi - f \eta) \\ v &= q + \frac{d g}{d t} + \rho' \eta + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} x}(g \xi - f \eta) - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} z}(h \eta - g \zeta) \\ w &= r + \frac{d h}{d t} + \rho' \zeta + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} y}(h \eta - g \zeta) - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} x}(f \zeta - h \xi) \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

dove ξ, η, ζ sono gli spostamenti delle molecole materiali e ρ' è la densità dell'elettricità nella molecola considerata.

Le equazioni (19) ci presentano, in questo caso dei corpi in movimento, la corrente totale (u, v, w) costituita come prima di più correnti parziali.

La prima (p, q, r) è l'ordinaria corrente di conduzione.

La seconda $\left(\frac{d f}{d t}, \frac{d g}{d t}, \frac{d h}{d t}\right)$ è la corrente di spostamento di Maxwell.

La terza $(\rho' \xi, \rho' \eta, \rho' \zeta)$ è una corrente dovuta allo spostamento di una carica elettrica. Essa si può chiamare corrente di convezione. Rowland l'ha studiata e misurata pel primo, quando ha fatto agire sopra un ago calamitato un disco di ebonite carico di elettricità. Egli ha così dimostrato che il movimento di una massa elettrica è accompagnato dalla creazione di un campo magnetico come la produzione di una ordinaria corrente. Questa corrente di convezione si chiama perciò anche corrente di Rowland.

La quarta, le cui componenti sono:

$$r = \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} z}(h \eta - g \zeta) - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} y}(g \xi - f \eta)$$

$$s = \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} x}(g \xi - f \eta) - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} z}(h \eta - g \zeta)$$

$$t = \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} y}(h \eta - g \zeta) - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d} x}(f \zeta - h \xi)$$

è dovuta alle variazioni di polarizzazione elettrica di un dielettrico che si muove in un campo elettrostatico non uniforme. Si chiama corrente di Röntgen, il quale l'ha messa in evidenza pel primo, benchè non abbia potuto ottenere risultati quantitativi sufficienti per rendersi conto della attendibilità delle espressioni precedenti.

L'origine stessa delle equazioni di Herz fa capire che soltanto i moti relativi della materia possono essere causa di perturbazioni elettromagnetiche; non i puri moti assoluti, perchè la superficie fondamentale di Herz è supposta trascinata nel movimento della materia. Questa adunque non trascina l'etere nel suo moto; e quindi, per esempio, la velocità della luce attraverso i corpi trasparenti, che sono in movimento, dovrebbe essere uguale a quella attraverso i corpi in riposo. Invece è noto che la velocità della luce, per esempio, attraverso l'acqua che si muove nella direzione e nel senso in cui la luce si propaga, è maggiore di quella attraverso l'acqua che si muove nella stessa direzione e in senso contrario, e tra queste due velocità è compresa quella attraverso l'acqua in riposo: l'etere adunque effettivamente è come trascinato dalla materia in moto, e nel caso dell'acqua il trascinamento è $\frac{1}{2}$: cioè la velocità della luce attraverso l'acqua in moto è uguale a quella attraverso l'acqua in riposo aumentata di metà della velocità dell'acqua computata nella direzione di propagazione della luce.

Altri corpi trasparenti non presentano il fenomeno dello strascinamento delle onde luminose. Questo risultato sperimentale non è compatibile con le equazioni di Herz.

***

Quanto ai fenomeni della luce, che attraversa le sostanze trasparenti, i principali fra essi sono quelli della dispersione e quelli della polarizzazione rotatoria magnetica. La spiegazione dei primi ha condotto Helmholtz ad imaginare azimi speciali fra le particelle di materia e quelle d'etere. Secondo questa ipotesi esistono molecole materiali di densità piccolissima, anche minore di quelle dell'etere, che, o si pongono in vibrazione sotto l'influenza delle vibrazioni dell'etere, come per un fenomeno di risonanza, o si polarizzano elettricamente e magneticamente per induzione sotto l'influenza della doppia polarità delle molecole d'etere. Ma per spiegare completamente i fenomeni della dispersione, compreso quello della dispersione anomala, dovrebbero imaginarsi più categorie di quelle molecole materiali aventi densità diversa e agenti fra loro e colle molecole ordinarie. Ogni categoria avrebbe come un proprio periodo di vibrazione e potrebbe oscillare con questo periodo fondamentale o con tutti gli armonici. Le righe degli spettri di assorbimento, che corrispondano appunto a queste vibrazioni, dovrebbero

potersi raggruppare in serie armoniche di tanti periodi fondamentali quanto sono i tipi di molecole speciali. Analoghi artifizi servivano pure per spiegare i fenomeni della polarizzazione magnetica, finchè gli ultimi progressi fatti nell'osservazione di questi non li resero ribelli anche alle ipotesi più ingegnose sul meccanismo molecolare dell'etere e dei corpi materiali. Ma contro le teorie elettromagnetiche, così come le hanno istituite Maxwell ed Herz sta oggi anche un teorema generale di analisi, che è come la sintesi di quell'opera del Poincaré, cui ho accennato nel principio della conferenza. Il Poincaré ha dimostrato che non può essere istituita alcuna teoria elettromagnetica generale, la quale spieghi i fenomeni conosciuti e specialmente quello dello strascinamento delle onde luminose, e soddisfaccia contemporaneamente ai seguenti quattro principii fondamentali, che sono pietre miliari nell'edificio della fisica moderna:

1° Il principio della conservazione del magnetismo;
2° Il principio della conservazione dell'elettricità;
3° Il principio dell'azione uguale e contraria alla reazione;
4° Il principio della conservazione dell'energia.

Dobbiamo abbandonare qualcuno di questi principii o dobbiamo abbandonare la ricerca di una teoria unica, che spieghi contemporaneamente i fenomeni della luce e quelli dell'elettricità? Qualunque via sarà seguìta, il teorema di Poincaré scuote le fondamenta di uno dei più importanti fra i moderni capitoli della fisica.

Di teorie, le quali non soddisfanno a qualcuno dei quattro principii suaccennati non mancano esempi. Helmholtz ne ha una che non soddisfa ai due primi; Lorenz una che non soddisfa al terzo. Anzi, io accennerò a questa perchè è come un ritorno alla teoria dell'emissione. I fenomeni elettrici e magnetici sarebbero dovuti a speciali particelle materiali piccolissime, che hanno ricevuto il nome di ioni, e che trasportano con loro una carica elettrica invariabile per qualunque causa. Esse sono come una nebbia di corpuscoli elettrizzati. Viaggiano liberamente attraverso i conduttori, e la corrente voltaica non sarebbe che l'effetto della corsa di uno sciame di ioni attraverso il conduttore stesso. Sono invece come prigionieri entro i dielettrici, in seno ai quali ogni ione può semplicemente oscillare intorno determinate posizioni e non oltre determinate e molto piccole distanze da queste, come forzati entro le loro celle. I fenomeni magnetici sarebbero dovuti, secondo la stessa ipotesi di Ampère, a correnti elettriche elementari.

Questa imagine dei fenomeni elettromagnetici è stata anche da Lorenz tradotta in una serie di equazioni differenziali, che rappre-

sentano come la dinamica degli ioni. Il principio dell'azione uguale e contrario alla reazione, come ho già detto, non è rispettato. Ma il fenomeno dello strascinamento parziale delle onde luminose è spiegato felicemente.

Le nuove scoperte sulle radiazioni di varie qualità, che sono facilmente interpretabili coll'uso degli ioni, conferiscono molta importanza a questa ipotesi.

Parallelamente alla critica matematica delle teorie elettromagnetiche, una critica fisica è stata fatta di esse in questi ultimi tempi, cui accennerò solamente: perchè ho anche varcato i limiti di un discorso da conferenze. Sono state riprodotte le esperienze di Rowland sul movimento di un ago calamitato per l'influenza dello spostamento di una carica elettrostatica. Lecher le ha confermate, Cremieu le ha contraddette. Egli ha creduto di dimostrare che la convenzione elettrica non produce campo magnetico, Rowland stesso le ha riprodotte prima di morire e ha creduto di poterle riconfermare. Tra i sommi che studiano quest'importante problema è oggi il nostro Righi.

E chiuderò a questo punto, permettendomi ancora una sola considerazione. Qualunque sia il risultato definitivo cui perverrà la critica, la teoria elettromagnetica della luce è stata potentemente suggestiva e feconda. Sia che Maxwell abbia veramente squarciato un lembo del velo in cui sono avvolti i segreti della natura, o abbia semplicemente immaginato un modello di riproduzione dei fenomeni, la sua opera non diminuisce d'importanza. Egli rimane sempre insieme con Faraday, fondatore di quegli studi, che ci hanno poi dato, nella fisica pura, l'opera di Herz, e nelle applicazioni pratiche il telegrafo senza fili di Guglielmo Marconi.

N. 26.

13 Aprile 1902. — *Ing.* GIUSEPPE REVESSI.

L'ARCO VOLTAICO.

Ricordata l'incertezza delle nostre cognizioni di alcuni anni fa sull'arco voltaico, abbiamo realizzato un arco a corrente continua fra elettrodì di metallo, descrivendone il funzionamento e ricordandone l'applicazione alla saldatura autogena dei metalli. Siamo passati in seguito all'arco a corrente alternata, facendo rilevare le diverse condizioni di funzionamento a seconda che gli elettrodi sieno di metallo o di carbone, e, mostrata la proiezione dell'arco in quest'ultimo caso, ci siamo trattenuti a parlare dell'arco metallico ad altissimo potenziale. Ci siamo poi occupati della forma della tensione e della corrente e della conseguente questione della potenza effettivamente consumata dall'arco, limitandoci a provare con una esperienza stroboscopica l'intermittenza della luce.

Passati quindi all'arco fra carboni a corrente continua, e proiettato l'arco in parola, ne abbiamo esposto il funzionamento secondo la teoria recentemente data dalla signora Ayrton, provando sperimentalmente col piegare senza rompere un'asticella di carbone premuta contro il cratere, che quella è la zona dell'arco più calda, e mostrando coll'aiuto d'un arco ausiliare l'ombra della colonna gassosa. Sul comportamento elettrico dell'arco, abbiamo messo a confronto le antiche ipotesi sulla forza contro elettromotrice dell'arco colle idee moderne in proposito. Mostrato il fenomeno di Trotter, abbiamo discusso di ciò che avviene, quando essa si manifesta, e quando l'arco comincia propriamente a fischiare.

Sorvolato sulle applicazioni dell'arco alla illuminazione e ai forni elettrici, abbiamo preferito trattenerci sulla sensibilità dell'arco agli agenti esterni, mostrando sperimentalmente l'effetto del campo magnetico sull'arco, e sulla sensibilità dell'arco alle variazioni della corrente. Abbiamo allora fatto sentire l'arco musicale di Duddell, variando l'altezza del suono col variare della capacità nel circuito derivato, e riproducendo con esso alcuni dei fenomeni caratteristici delle correnti ad alta frequenza, come sono stati recentemente realizzati dal Peukert. In seguito abbiamo fatto agire l'arco cantante ottenuto collo schema di Duddell e ne abbiamo discorso, rilevando anche la possibilità di farlo funzionare come trasmettitore. Finalmente abbiamo accennato all'ap-

plicazione proposta dal Ruhmer dell'arco cantante e della cella a Selenio alla telefonia senza fili, e alla realizzazione d'un fonografo di nuovo genere.

Sulla fine della conferenza abbiamo accennato abbastanza estesamente alle origini storiche dell'arco voltaico, e allo sviluppo de' suoi studi e delle sue applicazioni, rilevando il prodigioso cammino compiuto negli ultimi anni e le speranze cui l'arco voltaico può ancora dar luogo.

N. 27.

20 Aprile 1902. — *Comm. Ing.* FEDELE CARDARELLI.

TELEGRAFIA SOTTOMARINA.

Il conferenziere esordisce notando come la storia della telegrafia sottomarina, specialmente per quanto riguarda i primi tentativi, registri a fianco di piccoli successi, degl'insuccessi enormi, sia tecnici che finanziarii, e come molte decine di milioni fossero infruttuosamente ingoiate dal mare prima di poter giungere a risultati veramente pratici e durevoli. Fortunatamente i grandi problemi sia teorici che pratici della telegrafia sottomarina, sono stati ora risoluti per opera di illustri scienziati e coraggiosi ingegneri.

Premessi alcuni cenni sulla forma e costituzione di un cavo telegrafico sottomarino, dà qualche notizia storica sullo sviluppo di questa grande industria.

Passando alla fabbricazione dei cavi, il conferenziere parla della preparazione della guttaperca mostrando diversi campioni nei diversi stati di fabbricazione; descrive minutamente le diverse operazioni per la fabbricazione del cavo, mostrando una quantità di modelli e di tipi.

Accenna in seguito agli scandagli preliminari che si devono fare prima della posa e descrive alcuni tipi di scandagli, fra cui lo scandaglio Thompson, e presenta un modello di scandaglio a presa di fondo dovuto all'ammiraglio Magnaghi.

Descrive quindi le manovre per la posa del cavo e le operazioni per la ricerca dei guasti, accennando alle svariate cause che li producono.

Spiega come, attesa la grande capacità elettrostatica, la corrente subisce un forte ritardo nella propagazione, ciò che si può dimostrare sperimentalmente con un cavo artificiale formato da grandi resistenze e condensatori ed osservando il graduale spostamento dell'ago di un galvanometro, ed il lento ritorno a zero.

Per tali ragioni la trasmissione nei lunghi cavi non si può fare cogli ordinari apparecchi Morse e Hugues.

Il conferenziere parla quindi degli apparecchi che si impiegano nella telegrafia sottomarina per ottenere una rapida trasmissione.

Numerose proiezioni e disegni hanno illustrato le varie parti della conferenza (1).

(1) Un sunto più esteso della conferenza è stato pubblicato sul « Bollettino del Ministero delle Poste e Telegrafi ».

N. 28.

27 Aprile 1902. — *Prof.* ANSELMO CIAPPI.

L'UTILIZZAZIONE DELLE FORZE IDRAULICHE.

Esordisce coll'accennare all'intima connessione tra il problema dell'utilizzazione delle forze idrauliche e lo sviluppo degli impianti elettrici.

Richiama alcune nozioni di meccanica e pone in rilievo i differenti costi dell'energia meccanica a seconda dei modi onde viene prodotta; nota la superiorità economica degli impianti idraulici e in generale anche di quelli idro-elettrici agli impianti a vapore, e ne deduce l'importanza odierna dei motori idraulici.

Accenna al modo di creare le cadute d'acqua artificiali descrivendo le opere di presa, la condotta, l'edificio, lo scarico. Indi spiega le diverse maniere di manifestarsi della potenza motrice di una caduta di acqua e passa in rassegna i vari tipi di motori idraulici atti a raccoglierla.

Fa un confronto sintetico di tali motori sia per il modo come utilizzano l'azione dell'acqua sia per le condizioni di caduta e di portata che ne consigliano la scelta, e viene a stabilire il predominio delle ruote Pelton e delle turbine.

Fa poscia una statistica delle forze idrauliche esistenti in Italia e degli impianti idro-elettrici già eseguiti o in corso di costruzione.

Parla dettagliatamente dell'impianto di Vizzola-Ticino, illustrandolo con numerose proiezioni e ricordando il giudizio che ne emise Silvanus Thompson nel suo articolo *The Como Congress*, pubblicato nell'« Electrician » di Londra, 1899.

Mette in evidenza i progressi delle industrie meccaniche in Italia ed esalta il genio italiano a cui principalmente è dovuto l'odierno sviluppo dell'elettrotecnica.

Esamina infine la legislazione che regola le concessioni di derivazione di acque pubbliche e critica quelle circolari ministeriali che modificando arbitrariamente la Legge del 1884, ancora in vigore, tentano di dare un colpo fatale alle industrie nascenti ed a ritrarre l'Italia da quel primato industriale su cui già trionfalmente cammina.

N. 29.

4 e 11 Maggio 1902. — *Ing.* GIOVANNI GIORGI.

LA PILA VOLTAICA.

Applicazioni della pila primaria alla telegrafia, telefonia, segnalazioni, campioni di f. e. m., apparecchi di misura varii, esperienze di laboratorio. — Importanza di queste applicazioni. — Interesse dello studio della pila, oggidì negletto, dal punto di vista: — *a*) della scelta razionale fra i tipi esistenti; — *b*) dei perfezionamenti possibili; — *c*) della possibile creazione di una pila al carbone. — Definizione di pila. — Origine della f. e. m. in reazioni chimiche. — Le reazioni che producono f. e. m. sono quelle e solamente quelle che dipendono da un'azione elettrolitica. — Applicazione del principio dei lavori virtuali pel calcolo della f. e. m. delle pile. — Esempî fondamentali: Pila ossigeno-idrogeno; Pila zinco-cloro; Pila di Volta.

Distinzione fra *pile compensate* e *pile non compensate;* nelle ultime, per effetto dell'elettrolisi si sviluppano prodotti di natura tale che modificano le condizioni della pila. — Pile compensate e due elettroliti. — La loro f. e. m. è la differenza fra le f. e. m. di formazione dei due elettroliti, ed è costante. — Discussione dei depolarizzanti. — Zinco e sua amalgamazione; differenza fra zinco chimicamente puro e zinco amalgamato. — Pila Daniell. — Modificazioni della medesima (pile Italiana, Meidinger, Cardarelli, ecc.). — Pile ad acido cromico. — Confronto fra bicromato potassico, sodico e acido cromico; l'ultimo merita preferenza. — Varietà di pile ad acido cromico (Grenet, Trouvé, Poggendorf, Fuller, Partz); importanza del vaso poroso nelle pile anzidette. — Pila Grove-Bunsen. — Pile a solfato di mercurio. — Pile a cloruro di argento. — Pile a ossido di rame (De Lalande, Edison). — Pile Leclanché (a vaso poroso, a mattonelle, ad agglomerato). — Pile a secco; influenza del cloruro di argento e del solfato di mercurio nelle pile a secco.

Confronto critico fra le pile descritte. Per lavoro a circuito chiuso sono da preferire la Daniell e le pile ad acido cromico con vaso poroso; per circuito talvolta chiuso e talvolta aperto, manca finora una pila adatta, e fra quelle esistenti si può scegliere le pile ad acido cromico con vaso poroso e quelle a solfato di mercurio; per lavoro così detto a circuito aperto, preferire la Leclanché e la pila a solfato di mercurio; gli elementi a ossido di rame e quelli a cloruro d'argento sono alterabili a circuito aperto, e quindi meno raccomandabili.

Pile campioni. — Pila campione Latimer-Clark. — Modificazioni di lord Rayleigh. — Teoria del prof. Carhart. — Pila campione Carhart-Clark. — Pila campione Weston. — Risultati delle ricerche dell'Istituto di Charlottenburg sulle pile campioni.

Problema di una pila voltaica più perfetta, specialmente per lavorare a circuito aperto e chiuso. — La difficoltà principale è nel depolarizzante. — Necessità di escludere i depolarizzanti liquidi ordinari. — La soluzione del problema si avrebbe o in depolarizzante solido di azione pronta, o in un liquido che non reagisse con lo zinco, oppure in una pila a due liquidi non miscibili fra loro; quest'ultimo finora non mai tentato. — Possibilità di sostituzione dello zinco con altri metalli. — Uso dell'alluminio; sue proprietà; reazioni dell'alluminio sui cloruri. — Azioni nocive dei cloruri metallici nelle pile.

Problema delle pile a carbone. — Ricerche finora infruttuose. — Relazione intima fra questo problema e quello di separare il carbonio per elettrolisi. — Stato attuale della questione. — Importanza dello studio fisico-chimico per queste ricerche.

N. 30.

20 giugno 1902. — *Ing.* F. GENTILI.

SUL SISTEMA DI CONTROLLO ELETTRO-PNEUMATICO WESTINGHOUSE

PER TRENI COMPRENDENTI PIU' VEICOLI AUTOMOTORI ELETTRICI

I modi di formazione dei treni elettrici sono, come è noto, essenzialmente tre: quello *singolo*, con una sola vettura automotrice e tutte le altre trainate; quello *multiplo*, nel quale ogni veicolo del treno è automotore, cioè fornito di motori, *controllers* e freno, nonchè di apparecchi mediante i quali da ognuna delle due estremità di ogni vettura si possono azionare e regolare i motori, i *controllers* e i freni di tutte le vetture; quello *duplice* o più generalmente detto *misto*, nel quale due (una alla testa e una alla coda) o tre o più sono le vetture automotrici, fra le quali sono intercalate le vetture trainate. Anche in questa formazione le vetture motrici portano, oltre i motori, *controllers* e freni, anche gli apparecchi addizionali, come sopra detto.

Vantaggio del 1° modo di formazione è il minimo di apparati elettrici; svantaggi: la cattiva utilizzazione della forza motrice, accelerazione ottenibile poco elevata, necessità di spostare la vettura motrice da una estremità all'altra del treno cambiando senso di marcia, ecc.

Vantaggi del 2° modo di formazione: Possibilità di formare dei treni di qualsiasi lunghezza, secondo i bisogni del traffico; il treno è guidato dal wattmann che è alla vettura di testa del treno, che può correre nelle due direzioni; accelerazioni assai elevate. — Svantaggi: Forte spesa d'impianto e di manutenzione; eccessivo peso degli apparati elettrici per una data lunghezza di treno; necessità per non avere spreco di spazio, di collocare i *controllers*, ecc., là dove poi ne risulta difficile l'accesso e l'ispezione.

Vantaggi del terzo modo di formazione: Gli stessi del secondo modo, eccetto quello di poter far correre ogni veicolo indipendentemente da ogni altro; se però si adotta il principio di aggiungere alle due vetture automotrici di testa e di coda una o più altre vetture durante le ore di traffico massimo, una forte parte dell'equipaggiamento in vetture automotrici della linea resta normalmente fuori di servizio. In ogni modo è fra il sistema misto ed il multiplo che potrà pendere la scelta, a seconda dei casi, purchè, bene inteso, si abbia un mezzo pratico e sicuro per manovrare da una qualunque delle vetture automotrici, tutti i motori e i *controllers* delle altre vetture nonchè applicare i freni.

Vari sono i sistemi ed apparecchi fin qui immaginati e sperimentati allo scopo di risolvere questo problema che è di grandissima importanza per la trazione elettrica; ad esempio quello immaginato dal sig. Auvert, ingegnere-capo della Paris-Lyon-Méditerranée ed applicato sulla ferrovia elettrica Fayet-Chamounix, ma è assai complicato (vi è una doppia canalizzazione di aria compressa per i due sensi di marcia, ecc.); altri sistemi presentano l'inconveniente fondamentale che gli apparecchi di manovra sono messi in funzione dalla stessa corrente principale.

Il sistema elettro-pneumatico Westinghouse, già adottato per la « Elevated Railway » di Brooklyn, per la elettrificazione della ferrovia della Mersey (fra Liverpool e Birkenhead), ecc., ha avuto fin qui pieno successo e tutto sembra dimostrare che esso corrisponde assai bene allo scopo. Il sistema può essere applicato ad un treno contenente un numero qualunque di veicoli automotori, e ciascuno può essere quello dal quale il wattmann guida il treno; le vetture sono equipaggiate per la parte elettrica come d'ordinario, coll'aggiunta dell'apparecchio per la manovra elettro-pneumatica dei motori, *con-*

trollers e freni. Tale apparato addizionale consta essenzialmente di piccoli motori ad aria compressa che rimpiazzano la mano del conduttore. I due alberi di ogni *controller* sono prolungati al disopra; l'albero del tamburo principale porta due ruote a cricco e un pignone, i cricchi sono collocati all'estremità del pistone di un piccolo motore pneumatico, del quale ogni corsa fa muovere di una data quantità il tamburo del *controller*, portandolo passo passo alla posizione voluta. Il pignone entra in azione per il ritorno del *controller* a zero; esso pignone ingrana con una cremagliera portata dalla tige del pistone di un cilindro pneumatico a lunga corsa, il cui movimento sempre completo assicura il ritorno completo a zero del *controller*. Analogamente, anche il tamburo di marcia indietro è manovrato mediante un ingranaggio a cremagliera; la cremagliera è applicata alla parte centrale di una tige alle cui due estremità vi è il pistone di due motorini pneumatici, e con essa cremagliera ingrana un pignone sul prolungamento dell'albero. Mettendo in azione l'uno o l'altro dei due motorini, si ottiene l'uno o l'altro senso di marcia. Infine, l'interruttore di circuito è pure azionato da due motorini pneumatici, uno per posizione dell'interruttore.

L'ammissione dell'aria compressa in tutti questi piccoli motori pneumatici si fa mediante piccole valvole elettromagnetiche; a circuito chiuso, l'aria compressa è ammessa dietro il pistone del motore; a circuito aperto, la valvola è chiusa. Ogni valvola assorbe appena 1|3 di watt; la corrente è fornita da una piccola batteria di accumulatori, che possono essere ricaricati anche in marcia.

Ogni veicolo automotore è munito di un manipolatore, in connessione col circuito degli accumulatori, e mediante esso il wattmann manovra tutti gli apparecchi su tutte le vetture del treno. Movendo la maniglia verso destra o verso sinistra, il treno si muove in una direzione o nell'opposta; portando la maniglia d'un colpo ad una data posizione, i tamburi dei *controllers* delle singole vetture non assumono la posizione corrispondente tutto ad un tratto, ma per rapidi gradi successivi, il che preserva i motori da sovraccarichi subitanei. Altri dispositivi permettono in modo semplice di arrestare, volendo, il movimento dei tamburi dei *controllers*, prima che abbiano raggiunto la posizione corrispondente a quella della maniglia; il movimento dei *controllers* è pure arrestato automaticamente, quando la corrente sorpassa un valore predeterminato. Se invece la corrente principale è interrotta per un tempo sufficiente a far diminuire notevolmente la velocità del treno, un dispositivo provvede per il ritorno a zero dei *controllers*.

L'aria compressa che aziona i vari meccanismi è presa dallo stesso serbatoio pel freno posto sotto ogni vettura automotrice. I detti serbatoi sono mantenuti automaticamente carichi da un compressore azionato elettricamente, ma per semplicizzare le connessioni funziona la sola pompa del veicolo dal quale il conduttore guida il treno, ed essa è sufficiente per fornire l'aria pei serbatoi di tutto il treno. L'avere adottato una stessa sorgente comune di aria compressa pei freni e per gli apparati di manovra facilita l'accoppiamento delle vetture ed è un coefficiente di maggior sicurezza del servizio. Una connessione fra il *controller* e il freno fa si che quando il freno viene applicato volontariamente o accidentalmente mentre i motori ricevono corrente, i *controllers* ritornano istantaneamente a zero.

Altre connessioni fanno si che quando il tamburo principale del *controller* è in qualsiasi posizione di marcia, nè l'interruttore di circuito può essere chiuso, nè il senso di marcia rovesciato; e che non appena l'interruttore di circuito si apre automaticamente o per sovraccarico o per qualsiasi altra causa, il *controller* è pure posto subito a zero.

Assai interessante e originale è il congegno di agganciamento dei veicoli del treno. Esso è semplice, solido e sicuro, come hanno mostrato le prove prolungate fattene, e costituisce una delle parti più geniali del sistema elettro-pneumatico Westinghouse; l'agganciamento si fa rapidamente, e contemporaneamente ed automaticamente si fanno le congiunzioni delle condutture elettriche e dell'aria compressa.

In complesso, questo sistema di manovra, basato su noti dispositivi elettro-pneumatici che oramai da anni hanno fatto ottima prova per servizi ferroviari che esigono la maggiore esattezza e sicurezza, ha il merito principale di usare una corrente a bassa tensione, indipendente e isolata dalla corrente principale, per azionare i meccanismi di manovra e regolaggio; ciò diminuisce di assai le probabilità di terre e corti circuiti, ed evita l'inconveniente grave di far passare la corrente motrice anche attraverso ai veicoli trainati e che sono privi di strutture speciali incombustibili.

E sopratutto, interruzioni o importanti variazioni nella tensione della corrente principale non hanno alcun effetto sulla manovra dei *controllers*, che è sempre possibile e sempre regolare. Di più, come si è detto, le due sorgenti di energia necessarie al funzionamento degli apparecchi sussidiari, aria compressa ed energia elettrica a bassa tensione, sono immagazzinate, e rifornibili entrambe in marcia.

Sezione Toscana.

N. 31.

9 Maggio 1902. — *Prof.* LUIGI PASQUALINI.

L'ELETTRICITÀ NELLA MARINA ITALIANA.

L'elettricità, l'ultimo degli agenti che l'uomo abbia preso a sfruttare, in pochi anni ha invaso tutto, anche la vita marinara; una ventina d'anni fa, un'applicazione elettrica a bordo di una nave era una vera eccezione; ora non vi ha organo, per quanto vitale, della nave, sia che interessi l'azione guerresca e la vita ordinaria dell'equipaggio, che direttamente o indirettamente non abbia a che fare colla elettricità.

Fra le tante applicazioni, una delle più importanti è certamente la illuminazione interna. La nave antica, a pochi scompartimenti, poteva essere illuminata con pochi fanali a candela, ma la colossale nave moderna, munita di complicate e potenti macchine motrici, seminata di un gran numero di piccole macchine ausiliarie, divisa e suddivisa in un'infinità di piccoli scompartimenti dove si agitano e lavorano più centinaia di persone, ha bisogno della illuminazione elettrica. Si può asserire anzi che la nave moderna non sarebbe possibile senza la illuminazione ad incandescenza.

Altra applicazione importante è quella dei proiettori di scoperta divenuti necessari dopo il siluro e le torpediniere. Il colosso dai fianchi corazzati e dai potenti cannoni si sentì debole davanti al microbo del mare; tentò proteggersi con una cintura di reti, ma riconosciuta questa difesa insufficiente, non trovò altro scampo che nel proiettore che squarcia le tenebre e scopre la torpediniera che si avvicina, in tempo perchè sia crivellata di proiettili prima che possa arrivare a distanza utile per lanciare il siluro.

Accenna poi l'oratore alla ventilazione della nave, tanto importante per l'igiene di bordo, all'accensione delle artiglierie, agli elevatori delle munizioni, al lancio dei siluri, alla segnalazione elettrica fra navi, ai timoni elettrici, alla navigazione sottomarina e si intrattiene sulla manovra delle grosse artiglierie.

Passa poi alle applicazioni a terra, parlando delle centrali elettriche che distribuiscono negli arsenali forza e luce, delle mine subacquee (ginnoti) che servono a sbarrare gli ingressi nei porti, della telegrafia

e telefonia applicata alla difesa delle coste, facendo un cenno speciale sulle applicazioni fatte dalla Marina della telegrafia Marconi.

L'oratore ad ogni punto ha messo in evidenza come la Marina dovette, al primo estendersi delle applicazioni elettriche sulle navi, dato il carattere speciale che per tali applicazioni il materiale deve presentare, ricorrere all'industria straniera; ma in seguito, con perseverante patriottismo, il Ministero, unendo gli studi del suo personale a quelli degli industriali italiani, seppe ottenere dal mercato nazionale tutto ciò che per gli impianti elettrici sulle nàvi era necessario; dai motori a vapore e dalle dinamo ai proiettori di scoperta. In prova di ciò presenta un diagramma in cui graficamente figurano le somme spese dalla Marina nei vari anni per materiale elettrico, in Italia ed all'estero.

Mentre nel 1894, su una somma totale di L. 690.000, gli acquisti all'estero figurano per L. 260.000; nel 1899, su una somma di L. 1.800.000, non figurano che per L. 10.000.

L'oratore chiude la sua conferenza traendo prosperi auguri per l'industria italiana e facendo caldi voti per la grandezza della nostra Marina da cui in gran parte dipende la prosperità avvenire dell'Italia nostra.

La conferenza fu illustrata da numerose e splendide proiezioni rilevate da fotografie in gran parte gentilmente concesse dal Ministero della Marina a cui l'oratore ha pôrto pubblico ringraziamento terminando fra un caloroso applauso del numeroso uditorio.

N. 32.

5 Giugno 1902. — *Prof.* OSCARRE SCARPA.

LE LAMPADE NERNST.

Parecchio tempo è trascorso (circa 4 anni) dalle prime notizie diffuse sulle lampade Nernst senza che esse sieno ancora entrate realmente nella vita pratica; ciò dipende dalle gravi difficoltà incontrate nella costruzione e nella conveniente costituzione della lampadina.

La Casa Ganz e C. di Budapest, che possiede l'esclusivo diritto di vendita in Italia, non le ha messe ancora in commercio: quelle presentate durante la conferenza furono costruite dalla Ganz, la quale ne fece recentemente omaggio all'illustre prof. Antonio Ròiti dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze, al quale il conferenziere rivolge anche a nome di tutta la Sezione Toscana dell'A. E. I. un caldo ringraziamento.

Il principio scientifico che ha guidato il Nernst nell'ideare la nuova lampada, è quello di aumentare il rendimento in luce del filamento luminoso, aumentandone di quanto è possibile la temperatura di funzionamento; infatti i fenomeni di luminescenza (Wiedemann) che pure esistono nella radiazione emessa dalle terre rare che costituiscono il filamento Nernst, hanno importanza secondaria rispetto alla sua radiazione luminosa dovuta all'alta temperatura (circa 2000 gradi) raggiunta.

A questo proposito, il conferenziere accenna brevemente agli studi sia teorici che sperimentali riguardanti la emissione di radiazioni termiche e luminose delle sostanze in generale, e del corpo perfettamente nero (Kirchoff) in particolare; ricorda la legge di Kirchoff e le conseguenze che da essa si possono rettamente dedurre e fa risaltare la differenza fra queste e la legge di Draper.

Ricordate quindi le espressioni di Stefan-Boltzmann, di Langley-Michelson, di H. Weber e di Summer-Pringsheim, mostra come da queste si possano dedurre le condizioni di massimo rendimento di un corpo luminoso.

Il conferenziere passa quindi alla descrizione delle diverse parti della lampada Nernst, soffermandosi specialmente sul funzionamento della resistenza compensatrice (Ballast), e mostra quindi con proiezioni luminose i quattro tipi di lampada adottati dalle quattro Case costruttrici.

Descritta in modo particolare la lampada adottata dalla Casa Ganz, passa alle esperienze di accensione automatica e a quella diretta mediante il riscaldamento con una fiamma ad alcool; quindi con una misura fotometrica mostra la rilevante differenza nella quantità di luce emessa da una lampada Nernst e da una ordinaria lampada ad incandescenza che assorbe una eguale energia.

Passa quindi alla questione finanziaria, ricordando i prezzi di costo della lampada e i prezzi medi della candela-ora ottenuta da una Nernst e da una lampada a filamento di carbone, e fa risaltare come la prima funzioni con un rendimento spesso superiore del 30-40 0|0 a quello della seconda.

Accennato quindi agli studi di Wurts sulle caratteristiche dei filamenti Nernst e a quelli di Hulse sui loro rendimenti a carico variabile e dopo aver descritta sommariamente la nuovissima lampada Auer a filamento di Osmio, il conferenziere termina esprimendo la fiducia in un prossimo sviluppo di queste nuove sorgenti di luce, sviluppo che contribuirà ad aumentare quello, già fiorente, della industria elettrotecnica.

N. 33.

SULLA MISURA
DEI PICCOLISSIMI COEFFICIENTI DI AUTOINDUZIONE

COMUNICAZIONE

presentata dal Socio Dott. R. MANZETTI *alla Sezione di Roma nella Seduta del 16 maggio 1902*

(Con due figure).

Quando si debbano misurare coefficienti di autoinduzione molto piccoli, al disotto di $^1/_{100}$ o $^1/_{1000}$ di henry, i metodi ordinari di Maxwell, Pirani, ecc., presentano gravi difficoltà, se non l'impossibilità assoluta di eseguire la misura. Max Wien ha per primo risoluto la questione, adottando lo stesso schema del ponte di Wheatstone, ma servendosi di una corrente alternata ad alta frequenza e del telefono ottico da lui costruito. Ed infatti con tale disposizione il Prerauer è riuscito a determinare il coefficiente di autoinduzione di un filo rettilineo di 50 cm. di lunghezza, e verificare sperimentalmente le formole che lo calcolano. Questo coefficiente è dell'ordine di 500 unità assolute!

Seiler, più recentemente, determinando col pendolo di Helmotz la durata della carica oscillante di un condensatore, è riuscito a misurare coefficienti dell'ordine dei decimillesimi di henry.

Il metodo di Seiler non è pratico; esso può essere considerato come una delicata esperienza da laboratorio, e non un metodo adottabile correntemente nella tecnica.

Anche il metodo di Wien si presenta troppo incomodo: l'uso di un apparecchio molto delicato quale il telefono ottico, il dover ottenere la sintonizzazione fra l'interruttore a corda vibrante ed il telefono (condizione essenziale perchè il metodo riesca sensibile), la necessità di un relativamente grande numero di apparecchi, ed infine il tempo, che di per sè richiede una misura, non permettono di classificare nemmeno questo metodo fra quelli veramente pratici.

Molto più semplice, ed ugualmente sensibile, è il metodo di Martiensen, fondato sul principio del campo magnetico rotante.

Si abbiano due bobine A e B coi loro assi ad angolo retto e percorse da due correnti alternate 2 e 1. Nel campo comune ad esse si abbia sospeso ad un sottile filo di metallo o di quarzo un cilindretto

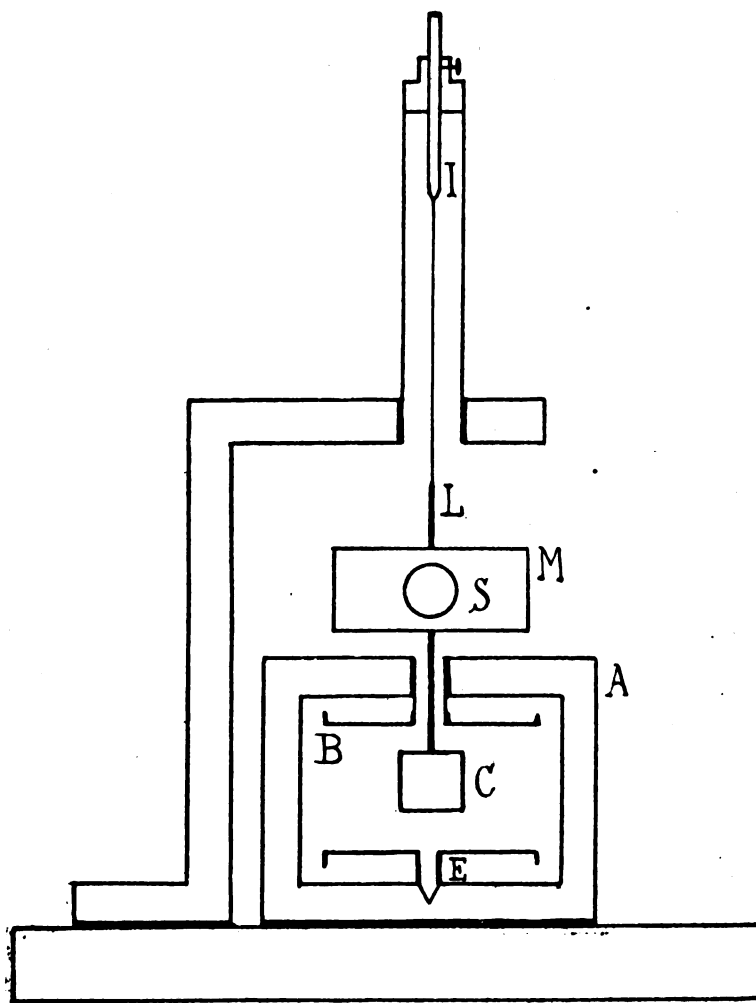



Fig. 1.

di rame o alluminio C. Se le due correnti che percorrono le bobine hanno diversa fase, il campo generato nel loro interno sarà rotante ed il cilindretto sarà soggetto ad un momento di rotazione in un determinato senso.

Intorno alla bobina A è avvolto un altro circuito 3, che può essere chiuso sopra una cassetta di resistenze. Questo secondo circuito fun-

zionante come il secondario di un trasformatore, può far variare la fase della corrente nel circuito 2, e si può ottenere quindi, facendo variare convenientemente la resistenza inserita nel circuito 3, che il sistema mobile rimanga in posizione di zero, per essere uguali le fasi delle due correnti, e quindi il campo risultante rettilineo.

Le differenze di fase fra le correnti, se i due circuiti sono derivati e contengono solo autoinduzione, saranno:

$$\operatorname{tg} \phi_1 = \frac{\omega L_1}{R_1} \quad ; \quad \operatorname{tg} \phi_2 = \frac{\omega L_2}{R_2},$$

essendo L ed R i coefficienti di autoinduzione e le resistenze dei circuiti coi rispettivi indici.

Nella posizione di zero, il Martiensen dimostra essere:

$$\operatorname{tg} \phi = K \omega \frac{L_{23}}{R_3},$$

essendo L_{23} il coefficiente di induzione mutua fra i circuiti 2 e 3, $\phi = \phi_1 - \phi_2$ e:

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \frac{L^2_3}{R^2_3}}} \; \frac{\cos(\phi + \psi)}{\cos \phi},$$

nella quale $\operatorname{tg} \psi = \frac{\omega L_3}{R_3}$.

Ma per differenze di fase molto piccole potendosi confondere la tangente con l'arco, si avrà:

$$\operatorname{tg} \phi = \operatorname{tg} \phi_1 - \operatorname{tg} \phi_2 = K \omega \frac{L_{23}}{R_3} = \frac{\omega L_1}{R_1} - \frac{\omega L_2}{R_2}.$$

Ma in queste stesse condizioni K è molto prossimo all'unità, onde si ha per la posizione di equilibrio la condizione:

$$\frac{L_{23}}{R_3} = \frac{L_1}{R_1} - \frac{L_2}{R_2}.$$

Questa formula, quando sia conosciuto uno qualunque dei tre coefficienti L_{23}, L_1, L_2, permette di determinare gli altri due, facendo due determinazioni con diversi valori delle resistenze nei due rami.

Per derminare un altro coefficiente qualunque incognito X, si può inserire in uno dei due rami derivati, e si ottiene una equazione:

$$\frac{L_{23}}{R_3} = \frac{L_1 + X}{R_1} - \frac{L_2}{R_2},$$

dalla quale, essendo tutto noto, si ricava il valore di X.

Ciò vale evidentemente per piccoli valori di ω (non > 500), e per piccoli valori della differenza di fase.

Poichè il momento che soffre il sistema mobile è proporzionale al quadrato della frequenza, e al prodotto delle correnti derivate:

$$M = K \omega_2 I_1 I_2,$$

quando sia necessario aumentare ω fino a valori abbastanza elevati, o per aumentare la sensibilità del metodo, o perchè i coefficienti debbano essere sperimentati a tale frequenza, allora la formula data non è più indipendente dalla frequenza stessa, ed il trascurarla può indurre ad errori anche rilevanti.

Per esempio, per le frequenze dei circuiti telefonici in cui $\omega = 1800$ circa, se $L_3 = 0{,}003$ e $R_3 = 10$, come approssimativamente è nell'apparecchio, si ha:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{0{,}003 \times 1800}{10} = 0{,}54$$

e $\qquad \psi = 28^0\, 20' \qquad$ e $\qquad K = 0{,}775$;

o per lo meno, se si ammette che i valori che abbiamo dati sieno troppo elevati, dobbiamo dedurre che il metodo non ha sufficiente elasticità per i casi pratici.

Una seconda causa di imprecisione nelle misure, è quella dovuta all'aumento di temperatura dei fili dei due circuiti derivati, per effetto del passaggio della corrente. Per avere un'idea dell'importanza di questo errore, supponiamo, secondo quanto avviene nella pratica, di aver determinato le resistenze R_1 ed R_2 e campionata la cassetta delle R_3 ad una temperatura t_0, e che le temperature dei circuiti dopo il passaggio della corrente si trovino ai valori $t_0 + t_1$ e $t_0 + t_2$. Le resistenze diverranno $R_1 (1 + \alpha t_1)$ ed $R_2 (1 + \alpha t_2)$, mentre i coefficienti di induzione non variano, come pure le R_3, che sono sempre percorse da una corrente piccolissima. Supponiamo i due circuiti composti dello stesso metallo.

Per determinare l'errore relativo che si commette, dovremo prendere il differenziale logaritmico del primo termine dell'equazione (1), perchè varia appunto R_3 per effetto della variazione di R_1 ed R_2, onde avremo prendendo i logaritmi:

$$\log \frac{L_{2\,3}}{R_3} = \log \left(\frac{L_1}{R_1} - \frac{L_2}{R_2} \right) = \log (L_1 R_2 - L_2 R_1) - \log R_1 R_2$$

ed

$$\eta = d \log \frac{L_{2\,3}}{R_3} = \frac{L_1\, d R_2 - L_2\, d R_1}{L_1 R_2 - L_2 R_1} - \left(\frac{d R_1}{R_1} + \frac{d R_2}{R_2} \right);$$

ma:

$$d\,R_1 = \alpha\,R_1\,t_1 \qquad\qquad d\,R_2 = \alpha\,R_2\,t_2$$

onde:

$$\eta = -\alpha\,(t_1 + t_2) + \frac{R_2\,L_1\,\alpha\,t_2 - R_1\,L_2\,\alpha\,t_1}{L_1\,R_2 - R_1\,L_2}.$$

Nel caso ordinario in cui con una certa approssimazione si possa porre:

$$R_1 = R_2 = R$$

ed anche:

$$t_1 = t_2 = t,$$

abbiamo:

$$\eta = -2\,\alpha + t = -\alpha\,t, \tag{1}$$

cioè l'errore è proporzionale all'aumento di temperatura del circuito ed al coefficiente di resistenza dei circuiti stessi.

L'errore evidentemente può essere molto forte, ed in ogni caso di difficile determinazione, per l'impossibilità di determinare t. Questo aumento può raggiungere valori piuttosto elevati, se si pensa che passa per i circuiti una corrente di $^1/_2$ ampère.

Le condizioni del problema esigono che i due assi delle bobine sieno perfettamente normali. Ciò, secondo il Martiensen, può essere verificato in un modo molto semplice. Si invii una corrente alternata, per esempio, nella bobina 1, e si chiuda in corto circuito la 2. Se non si ha la condizione richiesta, il sistema mobile prenderà a ruotare per effetto del campo rotante generato dalla corrente diretta del circuito 1 e dalla corrente indotta nel circuito 2 da 1. L'istrumento può allora essere aggiustato facilmente facendo girare sul proprio asse una delle due bobine, e si può ottenere una determinata posizione in cui il cilindro non gira. Ma è chiaro che la stessa condizione deve essere verificata per la bobina 3, e si capisce che una volta fatti sullo stesso rocchetto i due avvolgimenti 2 e 3, è molto difficile, per non dire impossibile, che le due condizioni sieno contemporaneamente verificate, data la straordinaria sensibilità dell'apparecchio.

Va notata infine un'ultima cosa. Il primo termine dell'equazione (1) ha un valore positivo, che può raggiungere il valore di zero, ma che ha un valore *massimo* determinato dalla resistenza R^0_3, che è la resistenza interna del circuito 3, cioè, per un determinato apparecchio, si ha un valore massimo $\frac{L_{23}}{R^0_3}$ della differenza $\frac{L_1}{R_1} - \frac{L_2}{R_2}$, che deve anche essere sempre positiva. Ciò non implica una impossibilità nella elasticità dei limiti delle misure, poichè sono a nostra disposizione i

valori di R_1 ed R_2, ma molto spesso impediscono la speditezza di esse, dovendosi in ogni caso regolare le resistenze R_1 ed R_2 in modo che la differenza sia compresa fra 0 e $\frac{L_{23}}{R^0_3}$, che sono limiti molto ristretti.

Ho fatto costruire un apparecchio perfettamente analogo a quello del Martiensen, colla sola differenza che sia per semplicità di costruzione, che per eliminare un'altra causa di errore, e cioè la vicinanza di masse magnetiche, ho preferito lo smorzamento ad aria a quello elettromagnetico. Esso è dato dalla fig. 1.

Sopra una base di legno livellabile con viti poggia la bobina A in legno a sezione quadrata, formata da due pezzi legati da piccoli tasselli di ottone con viti. Nell'interno di questa si ha la bobina B, anch'essa formata da due pezzi, e che contiene un cilindretto di alluminio C. La bobina B è fissata ad un perno di ottone inferiore E, e superiormente è guidata lungo una scanalatura F F da un cilindretto pure di ottone. Nell'interno del cilindretto è mobile l'asticella di alluminio L, che sostiene il cilindro. La bobina B è girevole intorno ai due perni a dolce sfregamento. Il filo di sospensione era un semplice filo di vetro stirato alla lampada e fissato ad un'asticella superiore I, ed al filo di alluminio con ceralacca. S è lo specchio ed M lo smorzatore di mica.

Intorno alle bobine A erano avvolti i due circuiti 2 e 3, formati ciascuno da due strati di filo di $^5/_{10}$ di mm. Intorno alla B era avvolto il circuito 1. Il tutto era rinchiuso in una scatola di cartone, con una finestra in vetro di fronte allo specchio.

Con questo apparecchio ho potuto constatare sperimentalmente tutti gli inconvenienti sopra accennati.

Mi fu impossibile ottenere l'aggiustaggio perfetto dell'apparecchio quando erano ad angolo retto in due campi 1 e 2; inviando la stessa corrente nel circuito 1 e chiudendo in corto circuito il circuito 3, si otteneva una deviazione che talvolta raggiungeva le 5 fino a 10 divisioni della scala, forzando un poco la corrente.

Essendo intanto i due coefficienti L_1 ed L_2 di ordine diverso, e cioè rispettivamente 0,000202 e 0,00365 (misurati in altro modo, come vedremo in appresso), $L_{23} = 0,00310$ (misurato col galvanometro balistico), ed $R_1 = 1$ ohm, $R_2 = 4,90$, $R_3 = 5,40$, era impossibile, o quasi, fare le misure delle costanti dell'apparecchio, a meno di non adoperare resistenze di ordine troppo diverso: per esempio, mantenendo $R_1 = 1$ ohm, doveva essere $R_2 > 20$, ed allora le correnti si ripartivano nei circuiti derivati troppo diversamente per dare all'istrumento

una sufficiente sensibilità. Dovetti allora inserire nel circuito 1 una autoinduzione ausiliaria per rendere approssimativamente uguali i due coefficienti L_1 ed L_2.

Ottenni allora per una serie di misure i seguenti valori:

R_1	R_2	R_3
11,05	7,59	145,40
11,05	7,61	135,4
11,05	7,57	142,4
11,02	7,56	138,4

Le resistenze aggiunte erano in manganina da $^1/_2$ mm., e le diverse misure erano fatte inviando la corrente nei circuiti più o meno a lungo. Come si vede subito, le differenze sono enormi.

Non potei constatare la variazione di K colla frequenza, non potendo sperimentare che con corrente alternata di circa 50 alternazioni. Si noti anche che non si poteva ridurre mai a zero l'istrumento, ma si doveva contentare di avere una deviazione minima.

È lecito dunque concludere che, per quanto l'apparecchio Martiensen goda di una grande sensibilità, non dà sufficiente garanzia per la precisione delle misure e per la speditezza di esse.

Questo metodo però può essere semplificato eliminando quasi totalmente le cause di errore che abbiamo accennato, pur lasciandone inalterata la sensibilità.

Nello stesso apparecchio del Martiensen è perfettamente inutile l'avvolgimento 3. Il cilindro metallico è in posizione di zero quando le due differenze di fase ϕ_1 e ϕ_2 sono uguali; è allora:

$$\operatorname{tg} \phi_1 = \operatorname{tg} \phi_2$$

e quindi:

$$\frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2}{R_2}.$$

Ciò che è rigorosamente vero, qualunque sia il valore della frequenza, condizione questa molto vantaggiosa. L'errore relativo agli aumenti di temperatura dei circuiti è molto diminuito; diffatti:

$$L_1 = L_2 \frac{R_1}{R_2}$$

e derivando logaritmicamente:

$$\eta = \frac{d L_1}{L_1} = \frac{d R_1}{R_1} - \frac{d R_2}{R_2} = \alpha (t_1 - t_2),$$

che si ammette nel caso di uguali aumenti di temperatura, la quale formula, confrontata con l'altra (1), dimostra senz'altro il vantaggio di

questa seconda maniera. Tutte le altre difficoltà più sopra rilevate cadono da sè. Le esperienze fatte hanno giustificato difatti, determinando il rapporto $\frac{L_1}{L_2}$ con questo secondo sistema. Ho avuto i seguenti valori da una serie di misure:

R_1	32,37	19,40	19,45	26,30	23,00
R_2	24,10	14,45	14,48	19,55	17,10
$\frac{L_1}{L_2}$	1,343	1,342	1,343	1,345	1,345

che risultano perfettamente concordanti fra loro.

È necessario anche qui conoscere le costanti dell'apparecchio L_1 ed L_2, cioè i coefficienti di autoinduzione delle bobine 1 e 2, ma ciò non si può ottenere che campionando l'istrumento con un coefficiente di autoinduzione noto.

Per ogni altra determinazione di un coefficiente incognito X vale la:

$$\frac{L_1 + X}{R_1} = \frac{L_2}{R_2}, \text{ ossia } X = L_2 \frac{R_1}{R_2} - L_1 .$$

Il metodo però permette anche la determinazione delle costanti con un campione di capacità che si ritrova più facilmente.

Nello schema dato dalla fig. 2, nel circuito 2 dove si supponga una autoinduzione maggiore, si supponga un condensatore C in derivazione

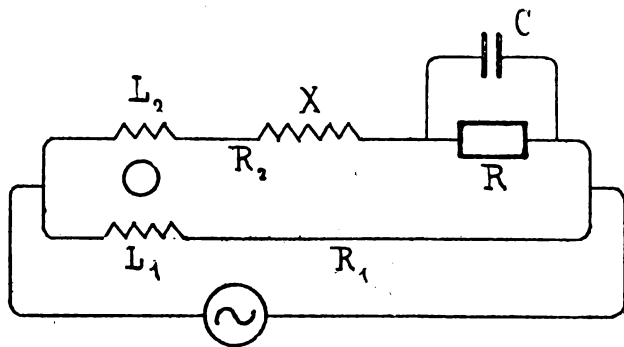



Fig. 2.

sopra una resistenza variabile non induttiva R. Si ritrova molto facilmente che le fasi dei due circuiti derivati sono uguali, e cioè l'istrumento è in equilibrio quando:

$$\frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2 + X - R^2 C (1 - \omega^2 (L_2 + X) C)}{R + R_2 + R_2 R^2 \omega C^2}.$$

Se si adopera la corrente alternata di città che si ha abitualmente a disposizione, e cioè $\omega = 300$ circa, ponendo $C = 3$ microfaraday, e supponendo $L_2 + X = 0{,}005$, i termini contenenti la frequenza sono trascurabili o facilmente calcolabili come termine di correzione, ed allora l'equazione si riduce:

$$\frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2 + X - R^2 C}{R + R_2} \qquad (2)$$

dalla quale si ricava facilmente X. Una ulteriore semplificazione, molto spesso nella pratica ammissibile quando non si richiedano misure di grande precisione, è quando:

$$L_1 \frac{R + R_2}{R_1}$$

è trascurabile, essendo L_1 molto piccolo; si ha allora:

$$X = R^2 C - L_2 .$$

Tale disposizione è straordinariamente comoda e pratica quando si vogliano misurare coefficienti di induzione non superiori a qualche centesimo di henry. Basta a tale scopo avere un condensatore di capacità nota (da 1 a 3 microfaraday) ed una cassetta di resistenza con le frazioni di ohm in manganina da $^1/_2$ mm. di diametro, perchè possa sopportare la corrente necessaria, che è quella alternata ordinaria di città.

Ho determinato col mezzo delle formule le costanti dell'apparecchio. Si ebbe in una misura:

C	R	R_2	R_1		
2.10^{-6}	40,0	5,0	101	da cui	$L_1 = 2{,}08 . 10^{-4}$
2.10^{-6}	9,80	5,0	1		$L_2 = 3{,}28 . 10^{-3}$

in un'altra misura, per esempio:

3.10^{-6}	32,8	5	101		$L_2 = 3{,}30 . 10^{-3}$

La divergenza fra due misure con valori variabili di capacità e resistenza non è mai stata superiore all'1 $^0/_0$.

L'apparecchio così grossolanamente costruito poteva sentire qualche decimo di ohm sopra 1 microfaraday, cioè un coefficiente di autoinduzione di qualche unità dell'ordine 10^{-7}. Si capisce come diminuendo le dimensioni dell'apparecchio per rendere minori le costanti dei due circuiti, con che non si altera la sensibilità, aumentando la frequenza,

(la sensibilità cresce col quadrato), e la sensibilità della sospensione, si possano raggiungere sensibilità straordinarie: qualche unità assoluta.

Ma lo scopo della tecnica non è tanto di raggiungere e misurare i coefficienti di un ordine così basso, quanto di avere un istrumento pratico, semplice ed esatto e sufficientemente sensibile; ed io credo che le modificazioni del metodo Martiensen proposte raggiungano perfettamente lo scopo.

Ho determinato così, per esempio, il coefficiente di autoinduzione delle bobine di un elettrodinamometro industriale Siemens, ottenendo $1{,}080 \,.\, 10^{-3}$ henry. Misurai anche la capacità di alcuni condensatori. L'apparecchio si presta perfettamente per la misura dei coefficienti di autoinduzione delle bobine dei wattometri, ma è necessario allora costruire l'istrumento con bobine di filo sottile.

N. 34.

DISTURBI PRODOTTI SULLE COMUNICAZIONI TELEGRAFICHE E TELEFONICHE DELLE CORRENTI TRIFASI DELLA LINEA LECCO-COLICO-SONDRIO

COMUNICAZIONE

fatta dal Comm. G. DELL'ORO *alla Sezione di Roma*

il 23 maggio 1902.

In rapporto a quanto accennava l'ing. Giorgi sui disturbi che la trazione elettrica produce sulle linee telegrafiche e telefoniche, è utile ricordare i risultati di esperimenti fatti attivando la trazione elettrica sulla linea Lecco-Colico-Chiavenna-Sondrio.

Questo è un impianto a corrente trifase, quella primaria a 20 mila volt, quella di servizio a 3000. La conduttura, a tre fili in piano verticale per la primaria, è a due fili col binario utilizzato come 3° conduttore per la corrente di servizio.

Quando si cominciarono gli esperimenti di trazione elettrica gli effetti sui fili telegrafici furono così potenti da impedire ogni corrispondenza ed anche le semplici segnalazioni pel servizio ferroviario; si provò allora a rimediarvi con allontanare le prese di terra servendosi dell'Adda; si provò con includere un rocchetto a circuito magnetico chiuso e con resistenze a liquido in derivazione; con raddoppiare il filo del circuito telegrafico. Questo ultimo rimedio fu il solo a dare un risultato efficace e completo ed in questo ultimo esperimento si è rilevato anche che i disturbi provenivano tutti dalla conduttura di servizio mentre la conduttura primaria sebbene a 20 mila volt non dava segno di disturbare affatto le segnalazioni.

In vista dei risultati ottenuti con questi esperimenti si era pensato di applicare un filo di ritorno unico per tutti i circuiti telegrafici; ma il progetto fu scartato perchè il conduttore unico avrebbe dovuto essere di alta conducibilità e di un diametro eccessivo; perciò si prov-

vide a raddoppiare il filo su tutti i quattro o cinque circuiti della linea Lecco-Colico-Chiavenna-Sondrio.

Si collocarono circa 700 chilometri di filo con tutte le operazioni accessorie di sotterramento ai punti di incrocio, di consolidamento della palificazione e tutto questo lavoro venne eseguito e compiuto in 16 giornate di lavoro, sotto la direzione di un ispettore dei telegrafi.

Qualche piccolo vantaggio si ebbe anche coll'applicazione del circuito magnetico chiuso sopra accennato, ma l'efficacia si è mostrata in ragione inversa della frequenza delle correnti nella segnalazione telegrafica; non sarebbe perciò raccomandabile per linee servite da apparecchi molto celeri, Wheatstone o Baudot.

Ora il provvedimento adottato, se ha permesso di continuare le prove della trazione elettrica, non ha però risoluta la questione; perchè il raddoppiamento dei circuiti non potrebbe praticamente effettuarsi sulle arterie telegrafiche principali che hanno molti fili ed anche in molti punti doppia palificazione. La difficoltà poi, oltre che economica, è anche tecnica quando si tratta di fili diretti, perchè come si dovette fare a Lecco ed a Chiavenna, occorre attivare una traslazione per passare dal sistema ad un filo a quello a due fili ed una seconda per ritornare da questo a quello e ciò pregiudica la celerità della corrispondenza.

Quindi per quanto tocca ai disturbi sulle linee telegrafiche e telefoniche per l'attivazione della trazione elettrica su linee importanti, occorrerà o rinunciare all'uso dei binari come conduttori o sotterrare completamente le linee telegrafiche sul percorso delle condutture a trazione elettrica, se si vuole che uno dei trasporti non faccia impedimento all'altro che è di energia minima, ma di importanza grande assai.

N. 35.

TRAZIONE ELETTRICA SULLE FERROVIE NORMALI

(Sistema Oerlikon)

COMUNICAZIONE

fatta dal Socio Ing. R. Lenner *alla Sezione di Roma nella Seduta del 23 maggio 1902.*

Nelle comunicazioni precedentemente fatte nella Sezione su questo argomento, e nelle discussioni a cui hanno dato luogo, si è visto come, nè la corrente continua, nè la corrente trifase per varie ragioni soddisfino sufficientemente a tutte le molteplici esigenze della trazione ferroviaria

La « Maschinenfabrik Oerlikon » ha creduto di risolvere il problema tornando alla corrente alternata semplice per il grande vantaggio che essa offre nella trasmissione, e nella presa con un sol conduttore, e per i limiti assai larghi entro cui la scelta del potenziale più conveniente poteva cadere, malgrado le difficoltà ritenute insormontabili, nell'uso di motori di grande potenza alimentati con questa corrente.

Il principio fondamentale a cui si è creduto bene ricorrere non costituisce una novità scientifica propriamente detta, nè i costruttori stessi hanno voluto tacerlo. Si tratta infatti dell'impiego di un gruppo motore-generatore trasportabile, che trasformando la corrente principale in corrente continua alla tensione più adatta per i motori alle ruote, permette l'avviamento e la regolazione della velocità di marcia, senza l'aiuto di resistenze, facendo dipendere la coppia motrice solo dalla tensione del generatore di corrente continua che sta sulla locomotiva.

La prima idea di un tale sistema fu esposta nel 1891 dal Ward Leonard, ma non ebbe fortuna perchè a quell'epoca la questione non poteva certo allargarsi al di là della cerchia delle semplici tramvie interurbane, non ammettendo allora che differenze di potenziale relativamente piccole e mancando gli elementi necessari per caratterizzare un nuovo sistema di trazione praticamente accettabile.

Abbandonata quindi tale via, le Case costruttrici si adoperarono a migliorare i sistemi di trazione a corrente continua ed a correnti tri-

fasi, trascurando affatto l'impiego della corrente alternativa semplice, forse per mancanza d'iniziativa e di esempi pratici su cui poter rivolgere lo studio o fermare l'attenzione.

Astrazione fatta dall'idea del generatore-motore trasportabile sulla locomotiva, il sistema che la « Maschinenfabrik Oerlikon » propone è invece essenzialmente caratterizzato dall'uso delle correnti alternative monofasi ad elevatissimi potenziali e dalla realizzazione di quei principii che erano finora considerati piuttosto come semplice teoria a cui nessuno ormai pensava, causa le difficoltà della pratica applicazione.

Per raggiungere lo scopo non bastava quindi ricorrere semplicemente ai principii già noti, ma era necessario anzitutto dare forma concreta alla nuova locomotiva, comprendendo nello studio sia il macchinario propriamente detto, che gli apparecchi di distribuzione, di regolazione e di presa della corrente e quant'altro in ispecie doveva avere grande influenza pel nuovo sistema, tenuto conto degli elevati potenziali a cui il funzionamento doveva rispondere.

Dopo lunghi e maturi studi, a compiere i quali non lievi sacrifici finanziari devono aver contribuito, la « Maschinenfabrik » può oggi presentare il suo primo tipo di locomotiva elettrica a quattro assi caratterizzata dalle idee sopra esposte, a 15.000 volt di tensione sulla linea di contatto e capace di sviluppare una forza di 700 cav. effettivi misurati sui cerchioni delle ruote. Il suo peso complessivo risultava di 44 tonn. così ripartite:

Vettura, circa	Kg.	15.000
Gruppo generatore-motore con eccitatrice .	»	16.000
Regolatore, conduttura interna e apparecchi di presa della corrente	»	1.000
Freno	»	1.000
Locomotori (1)	»	11.000
Totale . . .	Kg.	44.000

Tale peso, ben lungi dall'essere eccessivo, è anzi necessario per ottenere la voluta aderenza alle rotaie, e non supera affatto, a parità di condizioni, quello di altre locomotive a corrente trifase.

È facile dimostrare in quali condizioni favorevoli ci troviamo rispetto all'intensità di corrente che alimenta la locomotiva quando la tensione sulla linea è 15000 v.; per esempio, una locomotiva di 575 cavalli effettivi (necessaria per un treno di 250 tonn. ad una velocità

(1) Nelle domande di brevetti i motori degli assi furono chiamati locomotori.

di 40 km. all'ora, sopra una pendenza del 10 0[0 e con un coefficiente di trazione di 5,5), consuma 45 ampère nell'ipotesi che il rendimento elettrico totale dei motori e generatori sia del 75 0[0, il fattore di potenza 0,9 ed una perdita di potenziale per la linea di 1.000 v.

Il tipo di locomotiva scelto a 700 cav. non è quello della massima potenza per simili macchine, quali occorrono sulle più importanti linee di montagna, ma pur tuttavia è di una forza certamente superiore alla media; con ciò veniamo a stabilire che le intensità di corrente necessarie anche per treni assai pesanti, non saranno molto dissimili da quelle che in generale si impiegano per le comuni tramvie e ferrovie secondarie.

Ciò dimostra che in generale la linea di contatto e la presa di corrente si trovano in condizioni ben favorevoli e questa in ispecie potrà sempre essere costrutta con apparecchi leggeri che rispondono allo scopo anche a grande velocità di marcia.

Con la tensione di 15.000 volt iniziali, si possono alimentare lunghe linee ferroviarie solcate da numerosi treni, adoperando fili di contatto di 8-9 mm. di diametro facendo il ritorno per le rotaie con una perdita di tensione che può aggirarsi sempre intorno al 10 0[0, pur tenuto conto che per le correnti alternative la resistenza apparente delle rotaie è circa tre volte superiore a quella che si avrebbe se fossero percorse da corrente continua.

Le osservazioni fatte dalla « Maschinenfabrik Oerlikon », la guidarono a concludere che una tensione inferiore a quella di 15.000 volt poco si adatterebbe allo scopo, mentre non trova nè opportuno, nè necessario scegliere una differenza di potenziale considerevolmente più elevata, perchè a 15.000 volt le spese di impianto e di esercizio risulteranno le più favorevoli, ammettendosi di poter in tal modo escludere l'impiego di trasformatori statici, mentre non riesce troppo difficile di assicurare un buon isolamento della linea e del macchinario.

La « Maschinenfabrik Oerlikon » ha attribuito grande interesse allo studio e costruzione della linea di contatto e non volendo far dipendere la sicurezza del traffico da un unico conduttore, propone di montare due linee separate e distinte da una parte all'altra del binario, permodochè un secondo filo possa essere impiegato, tanto assieme all'altro per la regolare condotta della corrente, come per riserva quando avvenisse una interruzione nel conduttore in esercizio. Trovando poi che il sospendere la linea mediante fili tenditori offre degli inconvenienti notevoli, specie per alte tensioni, questa sarà invece sorretta ad altezza opportuna, esternamente al profilo di carico delle

vetture, da robusti pali di legno o di ferro sulla cui sommità sono fissati due o più isolatori del tipo comune per alto potenziale, montati in una linea perpendicolare all'andamento del binario in un unico appoggio. Tali isolatori saranno collegati solidamente fra loro a mezzo di una larga sbarra metallica il cui prolungamento regge il filo di presa con sistemi già noti, ma però con una disposizione tale che la linea riesca sostenuta dal disotto o lateralmente, invece che dall'alto.

Il tutto è disposto quindi a guisa di capitello che viene a coronare l'estremità superiore dell'appoggio, ed è evidente che in queste condizioni gli isolatori che portano la sbarra di sostegno del filo possono anche servire per altri conduttori ausiliari o di riserva.

Per la presa di corrente la « Maschinenfabrik Oerlikon ha » ideato un nuovo apparecchio, il cui organo mobile di contatto viene a toccare il filo conduttore dal di sopra, dal di sotto o lateralmente, a seconda della posizione che l'uno assume rispetto all'altro.

Questo apparecchio, considerato nella sua più elementare forma, consiste in un'asta di contatto, che, essendo girevole intorno ad un asse posto sul veicolo, può muoversi in un piano pressochè normale al filo conduttore, verso cui l'asta mobile è sollecitata a mezzo di molle o di pesi: l'asse di rotazione dell'asta risulta quindi parallelo al binario.

L'organo di presa propriamente detto deve essere costrutto di metallo dolce, preferibilmente di alluminio, ed un po' molleggiante, e viene introdotto in speciale sostegno che fa parte dell'apparecchio.

Per facilitare un buon contatto ed avere su questo una sufficiente superficie, si dà all'asta una sezione piana od ovale, e a tale scopo si può anche adoperare un tubo d'acciaio rivestito di metallo dolce dalla parte del contatto o tutto all'intorno di esso, attribuendo al rivestimento metallico la più conveniente sezione.

Per forti intensità di corrente, si può anche adottare più aste parallele a guisa di forchetta, tutte articolate indipendentemente sui loro separati perni, ma con la base sopra un unico contegno.

Giova ancora far noto che, in vista di tale disposizione, possiamo collocare sulle pareti anteriori e posteriori del veicolo automotore due o più complete prese di corrente tanto per lavorare, occorrendo, con due poli distinti, oppure sopra due fili ad uguale polarità posti su separati sostegni, cosicchè sarà agevole suddividere in sezioni la linea di contatto, senza per questo che la corrente venga mai a mancare sulla vettura.

L'apparecchio che regge il contatto mobile è composto di una robusta piattaforma metallica, convenientemente isolata, che da una parte

ha il fulcro pel movimento del pezzo speciale in cui si introduce l'asta ricambiabile, mentre dall'altra ha una vite per tendere la molla interposta, che obbliga appunto l'asta a mantenere il contatto col filo conduttore.

Questa piattaforma appoggia sopra una mensola a parallelogramma articolato, mercè cui l'asta si può mantenere all'incirca nel piano perpendicolare alla linea di presa per tutte le posizioni che il conduttore principale può assumere rispetto al veicolo che porta il contatto mobile.

Uno speciale dispositivo può far sì che la piattaforma di sostegno dell'asta si innalzi o si abbassi convenientemente, acciocchè questa segua il conduttore quando la linea passa o in galleria o sui ponti.

La questione del passaggio in corrispondenza degli incroci e degli scambi, fu risolta in modo assai semplice col dare all'asta una certa convessità dalla parte della linea di contatto, di guisa che, spostandosi il filo verso il mezzo del binario, l'asta risulti sufficientemente abbassata tanto da permettere alla sua parte convessa di assumere press'a poco la posizione di un ordinario archetto da presa.

Nelle stazioni ferroviarie di grande importanza, laddove l'uso degli elevati potenziali risulterebbe troppo pericoloso, le linee di contatto potranno essere alimentate a bassa tensione a mezzo di trasformatori statici inseriti nelle reti principali, per modo che, adoperando un apposito apparecchio di presa, convenientemente disposto allo scopo, si potrà passare dall'alta alla bassa tensione, senza che la locomotiva sia posta fuori circuito.

Non possiamo entrare per ora in più minuti particolari del sistema di sospensione della conduttura e di presa di corrente, poichè sarebbe necessario disporre dei disegni particolareggiati a ciò relativi, che fanno parte della descrizione che accompagnava le domande di brevetto presentate dalla « Maschinenfabrik Oerlikon ». Ma crediamo d'aver potuto ugualmente dare un'idea, almeno generica, delle disposizioni ideate e dei vantaggi che esse presentano su quelle oggi in uso per altri sistemi di trazione. Del resto in simili questioni di carattere essenzialmente sperimentale, solo la pratica può dire l'ultima parola, e ci riserbiamo di ritornare su esse con migliore cognizione di causa dopo il risultato definitivo di prove ufficiali che in breve saranno eseguite.

Nelle domande di brevetto presentate, la « Maschinenfabrik Oerlikon » considera anche un dispositivo per cui sia assicurata l'incolumità dei viaggiatori in caso di rotture di un filo o dell'accidentale suo contatto con le vetture, e consiste in una specie di griglia composta di sbarre metalliche fissate alle longarine della parte inferiore della vettura e poste in comunicazione colla terra.

Esaminate così le linee principali del sistema proposto, è interessante mettere in luce alcuni altri suoi vantaggi diretti che lo caratterizzano e che dimostrano vieppiù la sua facile ed utile applicazione.

A prima vista sembrerà forse difficile l'esercizio di un complesso di apparecchi quali compongono il nuovo tipo di locomotive, ma ci si convince facilmente del contrario, se si considera che, avendo una unica vettura automotrice, si può, ed è veramente il caso, di adibire al suo servizio esperti elettricisti che sappiano provvedere a regola d'arte ad ogni bisogna, mentre gli apparecchi tutti, compreso i locomotori, potranno essere disposti in modo da permettere la loro continua sorveglianza anche durante la marcia.

Negli attuali treni elettrici, composti di più vetture automotrici, i motori delle ruote non possono essere sorvegliati, ed il loro esercizio si affida in generale a semplici manovratori, che di elettrotecnica sono affatto digiuni. Per l'esercizio avremo quindi maggiori garanzie con un'unica vettura automotrice ben guidata, anzichè con vetture multiple; così dicasi per la manutenzione, avendo la pratica insegnato assai spesso che i motori su cui non si può estendere una continua sorveglianza, deperiscono assai rapidamente.

D'altra parte, l'impiego di un gruppo motore-generatore non rappresenta un grave ostacolo all'esercizio della locomotiva, tanto più se si considera che questo gruppo è autoregolatore ed è destinato a mantenere costante la velocità di rotazione indipendentemente dalla velocità di marcia del treno.

Dal punto di vista della regolazione e dell'economia di forza, saremo nelle condizioni più favorevoli indicateci dalla tecnica, inquantochè la coppia motrice, necessaria all'avviamento ed alle differenti velocità che il treno deve assumere durante la corsa e nelle diverse condizioni di traffico, dipende soltanto dalla forza elettromotrice del generatore di corrente continua, escludendosi l'uso di resistenze o della connessione in cascata dei locomotori.

Con nessuno dei sistemi che impiegano una tensione costante ai morsetti dei locomotori si è giunti a risolvere economicamente il problema di sviluppare una grande coppia motrice con una piccola velocità. Tutti questi sistemi hanno gli inconvenienti dei noti culmini nelle curve del consumo di energia, che aumentano di molto la forza necessaria ed esigono una grande capacità delle stazioni generatrici.

Occorrendo in casi speciali raggiungere delle forti velocità, oppure aumentare l'aderenza, nulla impedisce che il treno sia composto di altre vetture automotrici, a cui l'energia viene trasmessa dalla generatrice di corrente continua che sta sulla locomotiva. Così nulla im-

pedisce di connettere al treno nuove vetture provenienti da altre linee secondarie esercite a corrente continua, purchè la tensione dei loro motori corrisponda a quella dei motori alle ruote della locomotiva principale, e ciò con semplici modifiche nei regolatori e resistenze normali.

D'altre combinazioni, che presentano molto interesse, è suscettibile il sistema, non escludendosi, per esempio, l'impiego di vetture automotrici per il traffico locale ed ammettendo che un certo numero di vetture motrici possano essere inserite nella rete di una sotto-stazione munita di convertitori; nulla impedisce, in fine, di adottare la corrente continua sulle reti secondarie, impiegando allo scopo locomotive con gruppo motore-generatore, che funzionerebbero nei punti appropriati per l'alimentazione di dette linee.

Col sistema preconizzato si può così utilizzare completamente il materiale mobile oggi in esercizio e in tal modo soltanto la locomotiva elettrica diventa sostituibile a quella a vapore, senza punto cambiare l'organizzazione dell'attuale esercizio ferroviario.

La « Maschinenfabrik Oerlikon » ha ottenuto di poter eseguire l'esperimento pratico del suo sistema sulla linea Oerlikon-Wettingen, lunga 20 km. circa, ed è augurabile che l'iniziativa ed il nobile ardimento di affrontare il difficile problema possano essere coronati di lieto successo.

Il diligente studio posto sopra ogni particolare costruttivo ed i vantaggi indiscutibili del sistema di trazione per corrente alternativa ad alto potenziale dànno il più largo affidamento sull'utilità pratica di così interessante prova, che se non risolverà subito la questione della maggiore o minore convenienza dei treni frequenti e leggeri in confronto a quelli più rari e pesanti, permetterà certo di entrare in un periodo più attivo e più favorevole allo sviluppo della trazione elettrica sulle ferrovie normali.

N. 36.

DISTANZE ESPLOSIVE NELL'ARIA, NEGLI OLII ED ALTRI LIQUIDI ISOLANTI

LETTURA

fatta dall'Ing. E. JONA *nella Sezione di Milano il 3 giugno 1902*

(Con 2 figure e 4 Tavole).

In alcune Note sulle distanze esplosive da me pubblicate nell' « Elettricista » del 1898-99 (1) ho dato le distanze esplosive nell'aria fra elettrodi di forma diversa, ottenute mediante il potenziale alternato prodotto da trasformatori, sino ad una tensione massima di 60000 volt efficaci.

Ho fatto allora notare anche la differenza che si ottiene alimentando il trasformatore con correnti alternate provenienti da alternatori diversi (Ganz, Brown, Brown-Boveri, Allgemeine); e mi riservavo di dare in seguito il risultato di esperienze analoghe fatte attraverso ad olii ed altri liquidi e solidi isolanti. In questo frattempo ho dovuto costruire pel Laboratorio elettrotecnico dello Stabilimento Pirelli e C. un trasformatore di 50 chilowatt, capace di dare una scala continua di potenziali, sino ad un massimo di circa 165,000 volt efficaci. Ho perciò ripreso tali esperienze sino alla tensione suddetta; ed in questa Nota do intanto i risultati ottenuti per le distanze esplosive nell'aria, ed in diversi olii e liquidi isolanti, riservando ad altro momento quelli su corpi isolanti solidi.

Il trasformatore suddetto ha il secondario diviso in quattro sezioni che, con morsetti esterni, si possono facilmente collegare in serie od in quantità; ulteriori abbassamenti di potenziale si possono ancora ottenere inserendo delle resistenze nel circuito primario; di modo che si può ottenere con detto trasformatore una scala continua di potenziali da 6000 sino a circa 165,000 volt.

La differenza di potenziale ai morsetti del secondario è determinata sia mediante la differenza di potenziale primaria, moltiplicata pel rap-

(1) E. JONA, *Distanze esplosive.* « Elettricista », 1° gennaio 1898.
» » *Ancora sulle distanze esplosive.* « Elettricista », 1° marzo 1899.

porto di trasformazione; sia mediante un chilovoltmetro di Kelvin per 50,000 v., od altro chilovoltmetro elettrostatico (1) di mia costruzione, arrivando così a misurare sino ad oltre 100,000 volt. Questi apparecchi essendo insufficienti a misurare tutta la tensione data dal trasformatore, venivano inseriti solamente sopra una o due, o tre sezioni del secondario. Ho in costruzione uno strumento simile che potrà misurare sino a 150000 v.: ma non era pronto al momento delle esperienze qui riferite.

È noto che la distanza esplosiva non dipende solo dalla differenza di potenziale efficace esistente fra i terminali; ma anche dalla forma della curva del potenziale; cosicchè uno stesso trasformatore, alimentato da alternatori diversi (2), può dare, sotto la stessa differenza di potenziale efficace, delle distanze esplosive molto diverse. Sarebbe quindi utile dare insieme a queste determinazioni di distanze esplosive, anche la curva del potenziale. Non ho potuto fare ora questa determinazione; noto però che io mi sono servito della corrente a bassa tensione distribuita in Milano dalla Società Edison; corrente proveniente dagli alternatori di Paderno, e doppiamente trasformata a Milano.

Queste esperienze avevano principalmente per iscopo di determinare la rigidità dielettrica di varie sostanze; proprietà questa da non confondere, come spesso si fa, col potere isolante. Si parla spesso infatti del potere isolante degli olii, senza specificare ciò che realmente si vuole designare con queste parole. Infatti, in un dielettrico qualsiasi, a seconda delle circostanze, bisogna distinguere una od un'altra delle sue proprietà dielettriche; cioè: resistività del dielettrico nella sua massa, rigidità dielettrica, e resistenza alla conduzione superficiale.

Ad esempio, alcune qualità di vetro hanno spesso notevole rigidità dielettrica, vale a dire resistenza notevole ad una scarica disruttiva attraverso la massa; ma non grandissima resistività, nè grande resistenza alla conduzione superficiale; la paraffina invece ha grande resistenza alla conduzione superficiale; l'aria ha una resistività enorme; talchè, praticamente, sino a che non succedono scariche disruttive, può ritenersi infinita (salvo che per talune esperienze di carattere, per ora almeno, puramente scientifico): ma la sua rigidità dielettrica, alla pressione ordinaria, è piccolissima, sicchè viene facilmente traversata dalla scintilla. Negli olii la resistività e la rigidità dielettrica non sono grandi, rispetto ai corpi solidi summenzionati; ma il fatto di essere liquidi, ed in conse-

(1) Vedi *The Paris Exibition.* « The Electrician », 12 aprile 1901.
(2) Vedi E. Jona, *Distanze esplosive.* « Elettricista », 1° marzo 1899.

guenza di modellarsi da sè sui corpi che si vogliono isolare, li fa impiegare sempre più nella elettrotecnica, specie per gli apparecchi ad alte tensioni.

Una proprietà preziosa di questi liquidi isolanti è che, dopo avvenuta una scarica disruttiva, il liquido può ristorare da sè l'isolamento; ma nei grandi apparecchi industriali uniti a possenti generatori, la scarica carbonizza l'olio che deve spesso essere cambiato (1), e tale proprietà si manifesta allora in grado insufficiente per la pratica.

Sotto il nome generico di olii passano corpi aventi composizione chimica e caratteri ben diversi; e così possono essere eteri formati dalla glicerina cogli acidi grassi, come l'olio di lino, l'olio di oliva, l'olio di ricino, ecc., o carburi d'idrogeno, ottenuti dalla rettificazione di petrolii e nafte naturali od olii di resine ottenuti colla distillazione della trementina e colofonia; anche la distillazione del catrame di carbone o di legno ci fornisce degli olii isolanti. Ci sono poi olii di origine animale.

Tutti questi corpi, quali si trovano in commercio, non hanno però una composizione assolutamente bene definita. Il benzolo, toluolo e simili, su cui ho pure esperimentato, sono composti chimici ben definiti, che si possono distillare convenientemente e ridurre quasi puri; ma gli olii vegetali ed animali, anche se non inquinati artificialmente, non hanno una composizione sempre uguale. Ne viene che si possono trovare alcune differenze nel modo di comportarsi di questi olii, sotto correnti ad alte tensioni, a seconda della provenienza dell'olio che si esamina. — Spesso poi alcuni olii contengono traccie di umidità, assai dannose quando si impiegano questi olii come isolanti. Nella pratica si può liberarsene quasi completamente col calore, riscaldando l'olio entro caldaie ad una temperatura conveniente. Si può anche, con alcuni olii, adoperare il sodio a questo scopo, per esperienze da laboratorio.

Gli olii contengono poi anche spesso delle particelle in sospensione da cui si può liberarli con una filtrazione. Queste particelle possono talvolta affrettare la scarica esplosiva; ma se le distanze fra gli elet-

(1) Il primo uso dell'olio come isolante pare si debba a Rumkorff che l'adoperò per la sua bobina (1854) dietro consiglio di un dilettante, Jean. Egli impiegava olio di trementina (Vedi Du Moncel, *Applicazioni della Elettricità*). Poggendorff, a Berlino, suggeriva allo stesso scopo spermacete fuso, paraffina, o meglio, olio di trementina (« Phil. Mag. », July 1855), e Hughes nel 1858, dopo il disastro del Cavo Atlantico, studiava un cavo isolato con olio, appunto per aver un « self restoring » dielettrico. Faraday, alcuni anni prima, aveva mostrato il potere isolante dell'olio di trementina.

trodi sono un po' grandi, l'influenza di queste particelle è quasi inavvertita: esse si muovono violentemente sotto la tensione elettrica, senza favorire gran che la scarica esplosiva.

Dal punto di vista degli usi pratici poi, occorre badare che gli olii non attacchino i corpi coi quali vengono a contatto. Quasi tutti gli olii, per esempio, hanno funesta influenza sul caoutchouc; alcuni attaccano anche l'ebanite; molti olii e specialmente i petrolii, attaccano i metalli, anche il rame, azione questa favorita dalla presenza dell'aria.

La distanza esplosiva negli olii non si può neanche dire sia una quantità assolutamente costante. Talvolta, dopo una serie di alcune scintille, che però non arrivarono a bruciare l'olio, l'olio stesso sembra migliorato e si può dimiminuire notevolmente la distanza fra gli elettrodi terminali, senza che scocchino nuove scintille. Per esempio, in una esperienza con olio di resina, si misurava la distanza esplosiva fra un piano ed una sfera di ottone di 20 mm. di diametro. Dopo un minuto si ebbe una scintilla, con 50,000 volt efficaci, mentre gli elettrodi erano a 30 mm. di distanza; e questa distanza si potè poi ridurre a meno di 20 mm., e mantenere una tensione di 50,000 volt per oltre un quarto d'ora senza avere altre scintille. Questi fenomeni, poco facilmente spiegabili, non avvengono sempre. Credo però di avere notato spesso dei veri miglioramenti negli olii, sotto l'influenza di una tensione elettrica prolungata; ad esempio, in alcuni trasformatori Tesla da me esperimentati, si manifestavano, nelle prime settimane di funzionamento, delle scintille interne e non più in seguito. Esperimentando tra punta e piano, i fenomeni di scarica prendono un andamento molto più regolare; e per questo fatto le ricerche da me intraprese ora, vennero generalmente eseguite con elettrodi di questa forma.

Assoggettando un olio bianco e trasparente ad un'alta tensione, fra una punta ed un piano, si vedono dei fenomeni molto interessanti. Quando la distanza fra gli elettrodi non è molto grande, per esempio, 10, 15 mm., e la punta si trova in alto, il piano in basso, orizzontale, fra la punta ed il piano si manifesta come una specie di fiocchetto, che si direbbe fatto con una emulsione di olio; lungo questo fiocchetto avviene poi la scarica. A distanze maggiori, come occorre avere per potenziali più elevati, questo fiocchetto scompare; ma cominciano poi effluvii più o meno intensi e ramificati. I corpuscoli natanti nell'olio (è bene filtrare l'olio, prima della esperienza; tuttavia qualche corpuscolo natante lo si incontra quasi sempre; talvolta sono semplici bollicine di aria o gas, provenienti da effetti di scariche anteriori), violentemente respinti dagli elettrodi, percorrono la massa del liquido; ma non appare che essi possano provocare o facilitare la scarica di-

sruttiva. Lavorando con un trasformatore potente, come facevo io in queste esperienze, il liquido viene facilmente bruciato da una scarica, specialmente quando tale liquido ha una grande rigidità dielettrica, per cui gli elettrodi sono molto ravvicinati: e, se il liquido è bruciato, bisogna cambiarlo per procedere ad esperienze ulteriori. Si evitava di cambiare spesso l'olio mettendo sul primario del trasformatore, quando possibile, una resistenza, la quale serviva intanto a regolare il secondario alla tensione voluta. Questa resistenza nel primario impediva poi la formazione di un arco caldo nel secondario, quando scoccava la scintilla disruttiva.

L'apparato per le esperienze coi liquidi è rappresentato in figura 1. Una campana di vetro V, con tubulatura T, alta 34 centimetri e del diametro di 15 centimetri, contiene il liquido da esperimentare; essa è portata da un alto sgabello isolante.

Un disco D, di bronzo, spesso 20 mm., coll'orlo bene arrotondato, è immerso nell'olio, sorretto da un gambo d'acciaio *a a*, rivestito di uno spessore d'ebanite *e*; un morsetto inferiore *m* è unito ad uno dei poli del trasformatore: superiormente una punta di bronzo è portata similmente da un gambo d'acciaio, rivestito d'ebanite e terminato da un morsetto *m'*, unito all'altro polo del trasformatore. Tutto questo pezzo può scorrere entro il coperchio in ebanite *c* del vaso; cosicchè la punta P può essere allontanata od avvicinata a D, e la distanza si legge sopra una graduazione *g*. La punta P è costituita da una superficie conica raccordata ad una sfera di 20 mm. di diametro; per evitare spigoli vivi laterali, da cui facilmente scoccherebbero scintille laterali, che forerebbero la campana di vetro per raggiungere il morsetto *m*. Nelle esperienze fra sfere, la punta ed il piano erano sostituiti da due sfere di ottone di 20 mm. di diametro.

L'esperienza era fatta in questo modo: si cominciava da potenziali bassi, con piccole distanze esplosive che si andavano poi aumentando. Generalmente si portavano gli elettrodi terminali dapprima a 2, 5 mm. di distanza; col trasformatore si innalzava grado grado il potenziale sino ad avere una scintilla (o qualche scintilla); indi a 10, 20, 30..... 150, 200 mm., se occorreva, fino a raggiungere la massima tensione al trasformatore.

Si percorreva a questo modo una scala di potenziali crescenti, evitando così di adoperare un olio già cimentato a potenziali più alti di quello attualmente in esperienza. Come distanza esplosiva si notava quella corrispondente ad una scintilla netta, ben delineata; intendendo con ciò di escludere quegli effluvi a ramificazioni, anche ben nutriti, che si hanno con potenziali elevati e di escludere anche quelle scin-

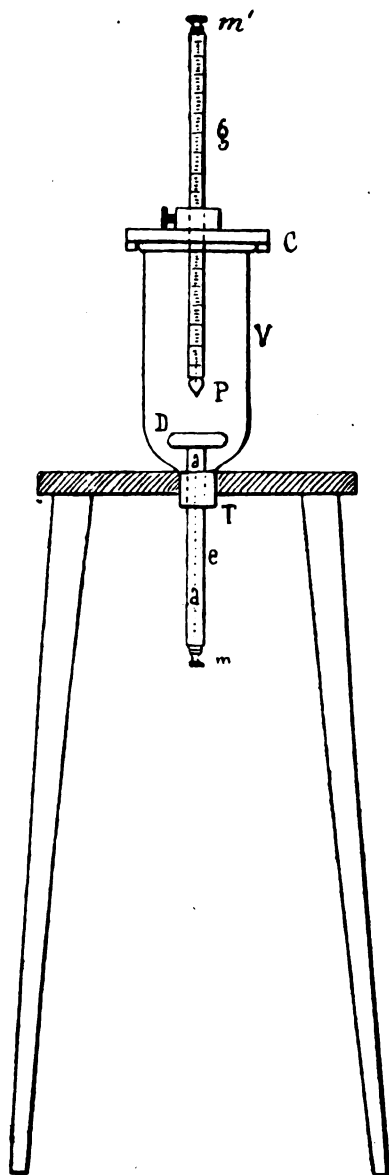



Fig. 1. Scala 1/10

tille sporadiche, singole, improvvise, che si manifestavano talvolta d'un subito, con distanze esplosive anormali e non in rapporto coll'andamento generale del fenomeno osservato. Le curve qui unite, del resto, riproducono i risultati delle esperienze; ma per ragioni di spazio, avendo dovuto condensare parecchie curve nella stessa tavola, sono soppressi in queste curve tali punti molto irregolari, che andrebbero a mescolarsi con curve di altre esperienze.

Gli esperimenti sono stati fatti in genere fra una punta ed un piano. A titolo di confronto qualcuno anche fra sfere e fra sfera e piano; la distanza esplosiva fra punta e piano risulta maggiore, e quindi per la pratica porge dei dati che offrono maggiore garanzia di sicurezza; inoltre, come già dissi, i risultati così ottenuti sono più regolari. Lavorando a potenziali altissimi (io ho sorpassato in alcune esperienze i 165,000 volt efficaci, che significano un potenziale massimo di almeno 250,000 volt) la differenza nel modo di comportarsi delle sfere e delle punte scompare praticamente quando il dielettrico è aria: le piccole asperità della superficie funzionano esse stesse da punte, lasciano sfuggire effluvi in ogni senso e scoccano poscia le scintille. Bisognerebbe allora adoperare delle sfere grandissime, e lavorate con una finitezza straordinaria; ma, nei liquidi isolanti, sussistono, anche nei limiti dei miei esperimenti, differenze notevolissime nelle distanze esplosive con elettrodi di forme diverse.

Un punto sul quale credo bene insistere è che queste esperienze vennero fatte con un trasformatore di potenza notevole, 50 kwatt. Si sono avute relazioni di esperienze, a tensioni minori, fatte con apparati che si possono considerare poco più che grandi bobine di Rumkorff; ed a queste io non sono portato a dare grande fiducia; specialmente poi che i potenziali non erano misurati direttamente, in tutta la loro interezza, sugli elettrodi terminali, ma calcolati con misure indirette.

Osservazioni varie e dati sui corpi esperimentati. — Le curve unite alla presente Nota hanno la loro origine in posizione varia sull'asse delle ascisse per poterle raggruppare in poche tavole, senza troppa confusione. Talvolta due o tre curve ottenute sperimentando lo stesso corpo, in circostanze diverse, hanno la stessa origine perchè risalti subito la differenza dei risultati; così, ad esempio, le curve 22, 23, 24, riferentisi all'aria tra sfere e punta e piano; le 43, 44; le 47, 48; le 50, 51, ecc., riferentisi a prove dello stesso olio con elettrodi terminali diversi, ecc.

La resistività di questi isolanti venne da me misurata col metodo della deviazione, ed una pila di 200 volt, dopo un minuto di elettriz-

zazione. In alcuni olii l'essiccazione peggiorò la resistività (ad esempio, l'olio di canape), in altri la rigidità dielettrica (esempio olio di mais), ma generalmente essa migliorò le qualità dielettriche dell'olio. L'essiccazione venne fatta generalmente scaldando l'olio per alcune ore a 100, 110°: l'olio veniva quindi filtrato.

Ciò posto, ecco alcuni dati sui corpi esperimentati: chiameremo naturali gli olii se usati quali forniti dal commercio, senza essiccazione preliminare.

Olio di olivo. — Curve 1, 2, 3. È un olio non raffinato; venne esperimentato quale fornito dal commercio (curva 1), e dopo averlo essiccato riscaldandolo per 4 ore a 110°. La resistività dell'olio essiccato venne trovata di 242,000 megohm-centimetro, a 16° C. Quest'olio contiene circa 27 per cento di acidi liberi, calcolati come acido oleico.

Olio di canape. — Curve 4, 5, 6. Resistività a 15° C., 28,500 megohm-centimetro, nell'olio naturale; che diventò di soli 18,200 megohm-centimetro dopo essiccato mediante 4 ore di riscaldamento a 110, 120°. Quest'olio contiene 2,6 per cento di acidi liberi, calcolati come sopra; ha una densità di 0,936 a 17° C.

Olio di mais. — Curve 7, 8, 9. Riscaldato 4 ore a 115° e quindi filtrato, diede una resistività a 15° C. di 70,000 megohm-centimetro. Venne venduto sotto il nome di olio di mais; ma i suoi caratteri fisici e chimici non corrispondono bene a tale denominazione. Contiene 15,4 per cento di acidi liberi, calcolati come sopra.

Olio di noce. — Curve 10, 11, 12. Essiccato al solito modo, diede una resistività di 260,000 megohm-centimetro a 15° C. Densità 0,936 a 17° C.; acidi liberi come sopra 0,6 per 100.

Olio di palma. — Curva 13. Solido alla temperatura ordinaria, venne dapprima scaldato 6 ore a 120° C.; quindi filtrato. La distanza esplosiva venne fatta sull'olio mantenuto liquido a 45° C. La resistività a 40° C. circa venne trovata di 50,000 megohm-centimetro; quella a 15° C. (solido) di 460,000 megohm-centimetro. Contiene 16,5 per cento di acidi liberi, calcolati come sopra.

Olio di resina. — Curve 14, 15, 16. Essiccato come al solito ha una resistività a 17° di 300,000 megohm-centimetro. Venne esperimentato per la distanza esplosiva alla temperatura ambiente (curve 14 e 15) e poi ancora alla temperatura di circa 75° C.

Densità 0,997 a 16° C.; non contiene olii dal punto di ebollizione inferiore a 250° C.; quasi privo di resina.

Olio per trasformatori, della « Rheinische Vaseline Oel und Fett Fabrik » di Amburgo. Curve 17, 18. Resistività a 16° C.; 5,600,000 megohm-centimetro. Resistività a 85° C.; 3,000 megohm-centimetro.

Venne esperimentato per la distanza esplosiva a 16° C. ed a 85° C. È un olio di colore bruno; ma non è punto olio di vaselina, come potrebbesi credere dalla provenienza; anzi è un olio di resina più pesante del solito tipo commerciale; densità 1,018 a 16° C.; privo di olii leggeri dall'ebollizione inferiore a 280° C.; poverissimo di resina.

Paraffina liquefatta. — Curve 19, 20, 21. È una paraffina depurata che si solidifica a 51° C.

Resistività a 80° C.; 23,000,000 meg.-centimetro.
» a 55° C; 66,000,000 » »
» a 51° C; 108,000,000 » » (punto di solidificazione).

Ne venne esperimentata la distanza esplosiva a 85° ed a 55° C.

Olio di paraffina. — Curve 25, 26, 27. È un olio depurato del Merk; assolutamente incolore e privo di zolfo.

Essiccato col riscaldamento diede una resistività di 5,550,000 megohm-centimetro a 17° C.

Olio di petrolio greggio. — Curva 28. È un petrolio di color bruno, pesante, fortemente inquinato con idro-carburi dal catrame, a partire dalla naftalina. Resistività a 17° C.; 13,200,000 megohm-centimetro.

Olio di petrolio bianco raffinato. — Curve 29, 30. Petrolio ordinario 1ª qualità del commercio. Resistività a 17° C.; 13,000,000 megohm-centimetro.

Ne venne provata la rigidità dielettrica allo stato naturale e dopo essiccazione.

Tetracloruro di carbonio. — Curva 31. Prodotto commercialmente puro; densità 1,610 a 16°; limiti ebollizione 76°,5, 78°,2 C.

Resistività 1,720,000 megohm-centimetro a 16° C.

Toluolo. — Curva 32. Densità 0,872 a 16°; limiti ebollizione 110°, 111° C.

Resistività 940,000 megohm-centimetro a 16° C.

Alcool amilico. — Curva 33. Puro del commercio. Densità 0,816 a 19° C.; limiti ebollizione 125°, 137° C.

Resistività 9, 6 megohm-centimetro a 16° C.

La piccola resistività fa sì che si ha fra i reofori una corrente intensa; il liquido si riscalda molto e l'esperienza sulla distanza esplosiva deve perciò essere interrotta a soli 36,000 volt.

Xilolo. — Curva 34. Densità 0,868 a 16°; limiti ebollizione 137°, 145° C. Resistività 670,000 megohm-centimetro a 16°.

Soluzione di colofonia nello xilolo. — Pesi eguali. Curva 35.

Resistività 25,000 megohm-centimetro a 16°.

L'aggiunta della colofonia diminuì la resistività e la rigidità dielettrica.

Benzolo. — Curva 36. È un benzolo depurato; densità 0,888 a 16°; limiti ebollizione 80°, 95° C.

Resistività 1,200,000 megohm-centimetro a 16°.

Olio di ricino. — Curve 37, 38. Olio ricino del commercio per usi industriali. Contiene 6,2 per 100 di acidi liberi determinati al solito; olio naturale.

Resistività 390,000 megohm-centimetro a 17° C.

Olio di lino. — Curve 39, 40. Del commercio. Contiene 2,1 per 100 di acidi liberi determinati come sopra; olio naturale.

Resistività 32,000 megohm-centimetro a 15° C.

Olio di elaeococca. — Curva 41. Contiene 0,5 per cento di acidi liberi determinati come sopra; densità 0,945 a 17° C.

Olio naturale; resistività 435,000 megohm-centimetro a 15° C.

Olio di colza. — Curva 42. Olio naturale. Resistività 95,000 megohm-centimetro a 15° C.

Olio di balena. — Curve 43, 44, 45. Contiene 2,5 per cento di acidi liberi determinati come sopra. Densità 0,925 a 17° C.

Olio naturale. Resistività 350,000 meg.-cent. a 15° C.
» essiccato col riscaldamento. » 330,000 » » a 15° C.

Olio di piede di cavallo. — Curve 46, 47, 48. Contiene 8,2 per cento di acidi liberi, come sopra. Densità 0,930.

Olio naturale. Resistività 310,000 meg.-cent. a 20° C.
» essiccato col calore. » 365,000 » » a 20° C.

Olio di sesamo. — Curve 49, 50, 51. Contiene 5,3 per cento di acidi liberi determinati come sopra.

Olio essiccato col calore. Resistività 178,000 megohm-centimetro a 15° C.

Esaminando le curve delle distanze esplosive qui date, si vede che in generale offrono la concavità verso l'asse delle distanze esplosive (asse delle ascisse). Dette curve cominciano talora con una parte quasi rettilinea più o meno lunga, indicante che a quei potenziali più bassi la distanza esplosiva è direttamente proporzionale alla tensione; spesso si ha fin dall'origine una curva, che, ad un certo punto, forma un gomito, più o meno accentuato, oltre il quale la curva si inclina maggiormente sull'asse delle distanze esplosive. In alcune (olio mais, per esempio, curva 9, Tav. I), il gomito è molto in alto (120, 130,000 volt) e molto accentuato; e, a potenziali maggiori, la curva assume un andamento quasi parallelo all'asse delle distanze esplosive; si direbbe che, raggiunta questa tensione, il materiale non resista più, cosicchè, anche aumentando alquanto la distanza fra gli elettrodi, la scarica avviene

tuttavia. In alcuni corpi, benzolo e xilolo (curve 34 e 36, Tav. II), la linea rappresentativa delle distanze esplosive da 0 sino a 165,000 volt efficaci è una retta, che fa un angolo molto grande coll'asse delle distanze esplosive. Di questi corpi si potrebbe dire che offrono una grande elasticità dielettrica; e sarebbe interessante potere spingere le esperienze a tensioni molto superiori a quelle da me ottenute ora, per vedere se, anche in questi corpi, apparirà poi un gomito.

La curva delle distanze esplosive nell'aria, al di là di una certa tensione, assume pure un andamento rettilineo; risultato questo già preannunciato da William Thomson (Vedi curve 23 e 24, Tav. II).

In altri corpi, come ad es., l'olio di paraffina da me usato, la curva da 0 a 50-60,000 volt è una curva nel senso comune della parola; ed a potenziali più alti diviene sensibilmente una retta (curve 25 e 26 Tav. II); ciò che suggerirebbe di sperimentare lo xilolo ed il benzolo succitati a potenziali molto bassi per vedere se all'origine la curva delle distanze esplosive ha tuttavia un andamento rettilineo. Le curve del benzolo e dello xilolo suggeriscono di esaminare anche il toluolo, corpo della stessa serie aromatica; il quale però, come si vede dalla curva 32, Tav. II, si comporta diversamente, presentando già un gomito a soli 100,000 volt; fino a questa tensione però la sua curva delle distanze esplosive ha un andamento rettilineo. Notevole anche la curva fornita dall'olio di lino cotto (curva 40, Tav. III), che presenta un gomito verso i 50,000 ed un altro verso i 120,000 volt. Alcune di queste curve così singolari sono state da me fatte e rifatte, appunto in vista di accertare queste singolarità; e, nei limiti degli errori o, a dir meglio, delle irregolarità sperimentali, che a dire il vero sono abbastanza considerevoli, vennero così verificate.

L'esame delle curve delle distanze esplosive nell'aria (curve 22, 23 e 24, Tav. II), fra punta e piano e fra due sfere, mostra che, nelle mie esperienze, ad un certo punto, le due curve si confondono (la differenza delle curve nelle tensioni più elevate proviene solo dalle irregolarità inevitabili in questi esperimenti): e le piccole asperità delle sfere agiscono effettivamente come le punte. Occorrerebbe, come dissi, aumentare qui il diametro delle sfere e farle di una grande finitezza.

La curva 24 è appunto ottenuta nell'aria fra due sfere (di 25 mm. di diametro) estremamente levigate; e mi sono servito per ottenerle delle sfere di acciaio usate nei perni a sfere. Si vede che la distanza esplosiva è al principio minore che nella curva 22 ottenuta con sfere di ottone di 20 mm. Ma, a potenziali più elevati, anche queste sfere si comportavano come punte; talchè verso i 100,000 volt la distanza esplosiva ottenuta con esse era equivalente a quella delle curve 22 e 23 fra sfere

più piccole o fra punta e piano. La curva 24 *bis* è ottenuta nell'aria con un parafulmine Siemens a corna in filo rame di 9 mm. di diametro.

Nei liquidi isolanti da me sperimentati questo fenomeno non è nettamente avvertito, nei limiti delle mie esperienze; ma, come si vede nelle Tavole I e III, si ha in alcune un accenno ad un fenomeno di tale genere; e si può presagire che, a potenziali molto più elevati, il fenomeno apparirebbe in tutta le sua interezza. In questa Tavola I ho messo, come un esempio delle stranezze che si incontrano talora in questi esperimenti, una curva ottenuta esperimentando, fra punta e piano, nell'olio di canape essiccato; un accidente avvenuto all'olio alla fine di tale esperimento mi ha impedito di rifarlo; ma la curva strana, quantunque di andamento regolare (come dimostrano i molti punti di essa) allora ottenuta, è dovuta probabilmente a qualche perturbazione non definita; e non rappresenta veramente la curva delle distanze esplosive in tale olio. Questa curva viene data anche come esempio delle irregolarità che si presentano nello studio di questi fenomeni; e per ammonire a non volere trarre da esso delle conclusioni troppo rigide ed assolute.

In alcuni corpi assai mediocri isolanti, come l'alcool amilico puro del commercio, le ricerche dovettero estendersi solo per breve scala, poichè il liquido si riscaldava notevolmente; l'alcool etilico a 96° del commercio, risponde anche meno; si riscalda subito molto e mette praticamente in corto circuito il trasformatore. Interessante sarebbe esperimentare l'aria liquida; da alcuni americani troppo americanamente preconizzata come mezzo isolante in cui immergere trasformatori, condutture ad alta tensione, ecc. Io ho fatto con essa alcune esperienze; ma in causa delle difficoltà di avere e conservare in grandi quantità, come richiederebbero queste esperienze, l'aria liquida, ho potuto solo ottenere alcuni punti e non una curva estesa a grandi limiti di differenze di potenziali: e, restando a potenziali bassi, di 10-15,000 volt, le mie esperienze accennerebbero nell'aria liquida una rigidità di 4 a 5 volte quella dell'aria.

Rigidità dielettrica delle soluzioni di colofonia. — Notiamo nella Tavola II, fig. 35, la curva data da una soluzione di colofonia nello xilolo. L'aggiunta della colofonia, sostanza dotata di per sè di forte rigidità dielettrica, ha peggiorato notevolmente la rigidità del liquido suddetto. Analogamente succede in una soluzione di $^1/_{10}$ di colofonia nell'olio di resina.

Influenza della temperatura sulla rigidità dielettrica.

Interessante notare l'alta rigidità dielettrica dell'olio di palma (curva 13, Tav. I); il quale, essendo solido a temperature ordinarie, è stato esperimentato mantenendolo liquefatto ad una temperatura di 45-50° C. Ora è noto come rapidamente decresca la resistività degli isolanti crescendo la temperatura; la rigidità invece può mantenersi ancora elevata, pure a temperature notevoli.

Similmente ho esperimentato la rigidità dielettrica della paraffina fusa; sia ad una temperatura di 85°, sia a 55°, vale a dire appena al suo punto di fusione: e si vede dalle curve 19 e 20 della Tavola I che i risultati sono presso a poco identici.

A temperature diverse ho pure esperimentato l'olio di resina ed un olio per trasformatori della « Rheinische Vaseline Oel und Fett Fabrik » di Amburgo.

L'olio di resina è stato sperimentato alla temperatura ambiente (16° C.) ed a 75° C. Le curve 14 e 16 della Tav. I mostrano ben poca differenza; si direbbe anzi che l'olio caldo ha una rigidità maggiore. L'altro olio venne pure esperimentato a 16° ed a 85°; ed anche qui si direbbe che l'olio caldo ha una rigidità maggiore. Questo risultato è tanto più notevole inquantochè la resistività decresce enormemente col calore: l'olio di resina esperimentato aveva 310,000 megohm-centimetro a 17°, e solo 2800 megohm-centimetro a 75° C. L'olio della Rheinische aveva 5,600,000 megohm-centimetro a 16° e solo 3000 megohm-centimetro a 85°. Vediamo dunque una differenza essenziale nel comportamento di questi olii col calore, rispetto alla loro resistività ed alla loro rigidità dielettrica.

Credo utile aprire qui una parentesi. Parecchi anni or sono ho fatto qualche ricerca sulla variazione della rigidità dielettrica colla temperatura, in vista dell'applicazione ai cavi sotterranei per distribuzione di energia elettrica, i quali possono, per accidenti qualsiasi, riscaldarsi durante l'esercizio. I cavi esperimentati erano isolati con carta e tessili, imbevuti nel vuoto di miscele a base di olii e resine isolanti, dopo prolungata essiccazione, e quindi rivestiti con un tubo di piombo.

Orbene, in tali cavi se eguagliamo ad 1 la resistenza di isolamento a 15°, ho trovato per l'isolamento a varie temperature i risultati qui sotto segnati:

Temperatura	12°	13°	14°	15°	17°	19°	21°	23°	25°
Isolamento	1,26	1,18	1,09	1	0,835	0,66	0,5	0,345	0,238

Temperatura	27°	29°	31°	33°	35°	37°	39°
Isolamento	0,156	0,111	0,071	0,0475	0,036	0,0262	0,0196

Ho esperimentato anche a parte la sola miscela isolante, mantenuta fusa ad alte temperature, e di essa la resistenza specifica ovvero resistività, in migliaia di megohm-centimetro, è espressa, a diverse temperature, come appresso:

Temperatura	65°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	125°
Resistività	490	76	27,5	13,8	6,8	3,5	2,1	1,4

Alla temperatura di 15° la resistività sarebbe nell'ordine di 15,000 milioni di megohm-centimetro. Orbene, a questa enorme diminuzione nella resistenza dielettrica, corrisponde una diminuzione simile nella rigidità dielettrica?...

Per rispondere a questa domanda ho preso due bobine di cavi, isolati nel modo anzidetto, e che chiamerò A e B; lo spessore dello strato isolante è alquanto diverso in queste due bobine. Ogni bobina venne tagliata in vari pezzi, e questi pezzi vennero separatamente immersi in vasche d'acqua mantenute rispettivamente alle temperature di 0°, 15°, 35°, 70°, 100°; ed esperimentati a queste temperature con potenziali che si venivano man mano aumentando, sino a che una scintilla perforasse l'isolante. I risultati ottenuti appaiono dalla seguente tabella.

Esperienze sulla rigidità dielettrica a varie temperature di cavi isolati con carta e tessili imbevuti nel vuoto di miscele di olii e resine isolanti.

Volt effcaci	Numero di ore cui vennero assoggettati i cavi alla tensione segnata nella prima colonna									
	Cavi a 0°		Cavi a 15°		Cavi a 35°		Cavi a 70°		Cavi a 100°	
	Cavo		Cavo		Cavo		Cavo		Cavo	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
2000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2400	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3500	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
5250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6000	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4
7250	3 1/4	1 Brucia	3 1/4	3 1/4	3 1/4	Brucia	3 1/4	3 1/4	3 1/4	3 1/4
8000	2 1/4	—	2 1/4	2 1/4	2 1/4	—	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4
9000	2 3/4 Brucia	—	3 1/4	3 1/4	3 1/4	—	3 1/4	3 1/4	3 1/4	3 1/4
(*) 12000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Brucia
9000	(**)	(**)	4 1/2	3	4 1/2	—	4 1/2	4 1/2	4 1/2	—
9000	4	1/2	4	Brucia	4	—	4	4	4	—
10000	1	Brucia	1	—	1	—	1	1	1	—
11000	1 1/4	—	1	—	1	—	1	1	1	—
12000	Brucia	—	1	—	1	—	1/2	1	1	—
13-14000	—	—	1/4	—	1	—	Brucia (***)	1/2 Brucia	1/2 Brucia	—
15-16000	—	—	Brucia	—	1	—	—	—	—	—
18000	—	—	—	—	1/4	—	—	—	—	—
					Brucia	—	—	—	—	—

OSSERVAZIONI.

(*) Per una falsa manovra si ebbero per pochi secondi 12,000 volt.

(**) Si sostituiscono due altri pezzi di cavo A e B nella vasca a 0° ai pezzi bruciati e si continua su di essi l'esperienza, cominciandola dalla tensione cui si è già arrivati.

(***) Brucia nella parte esterna al bagno, fuori della vasca, dove la temperatura è quindi minore.

Teniamo pure ora conto che il dielettrico non può essere distribuito in modo assolutamente omogeneo ed uniforme su tutta la lunghezza del cavo; ma, confrontando fra di loro i risultati ottenuti coi vari pezzi del cavo tipo A e similmente fra loro quelli ottenuti coi vari pezzi del tipo B (appare dalle tabelle che il tipo A resiste meglio del tipo B), si vede che la rigidità dielettrica non diminuisce sensibilmente, aumentando la temperatura; potremo forse anche asserire che detti cavi resistono meglio a temperature abbastanza elevate che a temperature molto basse. È questa una conclusione a cui difficilmente si arriverebbe *a priori;* anzi, vedendo la grande diminuzione della resistenza di isolamento, se aumenta la temperatura, si sarebbe inclinati a supporre una simile diminuzione nella rigidità dielettrica. L'esperienza prova il contrario. Nei cavi si potrebbe supporre che ciò fosse in parte dovuto al grande coefficiente di dilatazione termica di tali miscele isolanti; per cui, a temperature elevate, la miscela dilatata riempie perfettamente lo spazio destinato all'isolante; mentre, a bassa temperatura, tale spazio resta parzialmente vuoto e la miscela ha inoltre tendenza a screpolarsi (1); però abbiamo visto che gli olii si comportano analogamente; e nelle esperienze cogli olii non esistono le perturbazioni suaccennate.

Rigidità con correnti ad alte frequenze. — Le esperienze suddette sono state fatte, come dissi, colla corrente alternata fornita dalla Società Edison a Milano, corrente che ha una frequenza di 42 periodi completi. Se cambia il periodo, nei limiti della pratica delle distribuzioni attuali con corrente alternata, la distanza esplosiva non varia sensibilmente.

Sarebbe interessante però conoscere la distanza esplosiva con correnti ad alte frequenze; come quelle ottenute mediante la scarica oscillante dei condensatori, nei così detti trasformatori Tesla. Solo che in essi, oltre che è molto difficile la misura della differenza di potenziale, è anche dubbio se tale espressione « differenza di potenziale » abbia un significato preciso; poichè si tratta qui non solo di correnti oscil-

(1) Da queste esperienze non si può però dedurre che si possa lavorare con questi tipi di cavi, sotto alte tensioni ed elevate temperature; come sarebbe, ad es., adottando un numero di ampère per millimetro quadrato troppo alto. Perchè entrano allora in azione fenomeni secondari che possono col tempo danneggiare il dielettrico. Dedurremo solo che un'elevazione di temperatura accidentale e momentanea non ha quel funesto effetto che *a priori* si sarebbe portati ad ammettere.

lanti, ma di correnti che non hanno un carattere di continuità. Una scarica singola provoca un gruppo di oscillazioni che non sono eguali fra loro e i successivi gruppi di oscillazioni possono essere anche separati da intervalli variabili, in cui, non avvenendo un'altra scarica nel circuito primario, il potenziale secondario è nullo. Di modo che la differenza di potenziale efficace non ha più senso; la media nemmeno; resterebbe a considerare la differenza di potenziale massima, che non è direttamente misurabile. Tuttavia, per avere un'idea del modo di comportarsi degli olii colle correnti ad alte frequenze, ho paragonato la distanza esplosiva ottenuta nell'aria, fra punta e piano, a quella ottenuta pure fra punta e piano nell'olio, servendomi della scintilla prodotta da un grosso trasformatore Tesla, capace di dare un torrente continuo di scintille lunghe 60 e più centimetri. Le curve 52 e 53 della Tavola IV dànno i risultati di questo paragone fra l'aria ed il petrolio (lo stesso petrolio usato nelle esperienze di cui alla curva 30) e l'aria ed un olio di paraffina finissimo.

Una scintilla di 500 mm. nell'aria era ridotta a 77 mm. nel petrolio; ed una di 450 mm. nell'aria era ridotta a 70 mm. nell'olio di paraffina. Ora, nelle correnti a frequenza 42, la scintilla di 500 mm. nell'aria, corrispondeva ad una differenza di potenziale di 168,000 volt efficaci, colla quale nel petrolio si aveva una distanza esplosiva di 150 mm.; il rapporto $\frac{500}{77} = 6.5$ paragonato al rapporto $\frac{500}{150} = 3.32$ mostra che colla corrente data dal Tesla la rigidità del petrolio è circa doppia che colla corrente di frequenza 42, alla distanza esplosiva suindicata.

Similmente si ha il rapporto $\frac{450}{140} = 3.22$ delle distanze esplosive nell'aria e nell'olio di paraffina a 158,000 volt da paragonare al rapporto $\frac{450}{70} = 6.43$ fra le distanze esplosive nell'aria e nell'olio di paraffina colla corrente ad alta frequenza. Queste esperienze venivano fatte mettendo in derivazione sui poli del trasformatore ad alta frequenza uno spinterometro ad aria ed uno immerso nell'olio e regolando le distanze in modo che la scintilla scoccasse indifferentemente nell'uno o nell'altro dei due spinterometri (1).

(1) La frequenza delle correnti oscillatorie qui usate era bassa; con frequenze più alte il rapporto delle distanze esplosive nell'aria e nell'olio diverrebbe più grande. I condensatori erano alimentati da un trasformatore a 10,000 volt; essi avevano

Dalle curve esperimentali vennero dedotte le unite tabelle sulle distanze esplosive, le quali tabelle mostrano, sotto un certo aspetto più comodamente delle curve, l'insieme dei risultati.

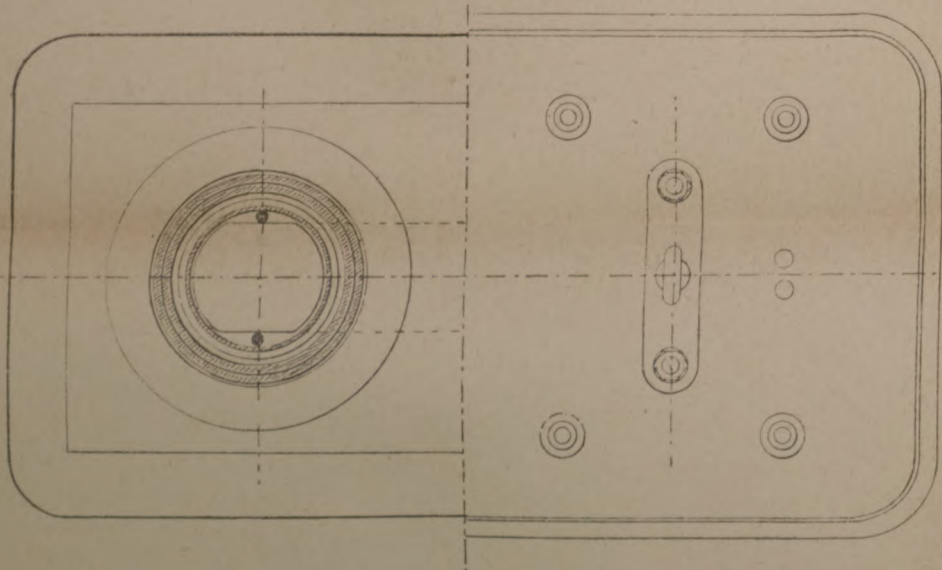
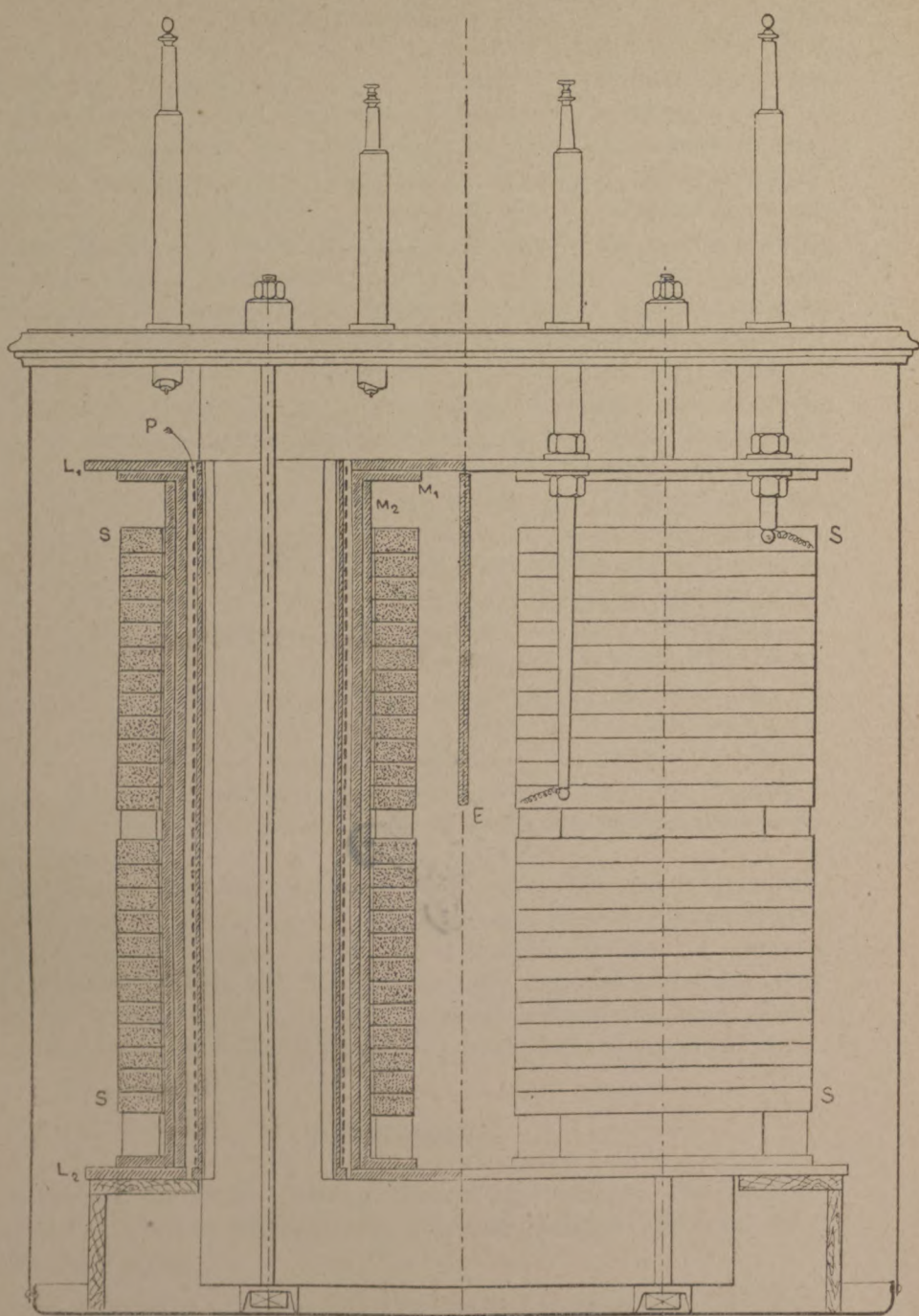
Come conclusione pratica potremo dire che uno dei liquidi presentante maggiore rigidità dielettrica è il benzolo; al benzolo si potrà però ricorrere solo in esperienze da laboratorio quando la sua volatilità e l'alto grado di infiammabilità non siano di ostacolo all'esperienza. Il benzolo ha pure lo svantaggio di attaccare e sciogliere molti corpi di origine organica che potrebbero far parte degli apparecchi o strumenti che si vogliono isolare (gomma, paraffina, ebonite, ecc.). Un olio pure buono è l'olio di paraffina; e ad esso si potrà ricorrere per l'isolamento di strumenti, come ad esempio: voltmetri elettrostatici e simili: la trasparenza di quest'olio essendo in questo caso anche una proprietà molto utile. Bisognerà però assicurarsi che l'olio usato non contenga zolfo (il quale si trova comunemente negli olii commerciali), perchè allora attaccherebbe il rame. L'alto prezzo d'un olio puro impedisce di adoperarlo nei trasformatori industriali. Per questi trasformatori si potrà invece convenientemente impiegare l'olio di resina; e, se non si sale a tensioni molto elevate, limitandosi, per es., a soli 50-60,000 volt, gli olii di resina comuni del commercio servono in generale bene; basterà riscaldarli alquanto prima dell'uso, per discacciare quel po' d'umidità che possono tenere incorporata. L'olio di resina non attacca gli avvolgimenti di rame; è uno dei più innocui alla gomma, è inerte rispetto all'ebonite; poco o nulla volatile, s'infiamma a temperatura molto elevata, è di poco prezzo e si può avere anche facilmente in Italia, per esempio, dalle fabbriche Rocca e Baratti di Borgo San Donnino e Luigi Biseo di Sarnico. Ed è ancora a questi olii di resina, opportunamente manipolati, scegliendo le qualità più dense e più povere di resina, che si potrà ricorrere per isolamenti di trasformatori a potenziali molto elevati, 100-200,000 volt, come si usano ora per esperimenti da laboratorio.

---

una capacità complessiva di 0.16 microfarad. Il trasformatore Tesla è alimentato dalla scarica oscillante data da questo condensatore in un doppio spinterometro a punte di zinco con potente soffio d'aria. Il primario del Tesla è una spirale di nastro-rame 10×1 mm. sezione, composta di 50 spire avvolte su un diametro di 65 mm., ed il solenoide così costituito ha una lunghezza totale di 660 mm. Il secondario è formato con 30 bobine piatte di nastro-rame, largo 10 mm., spesso 2/10 mm. Ogni bobina consta di 50 spire; la spira minima ha un diametro di 120 mm. e la spira massima di 220 mm. Lunghezza totale del filo primario dieci metri; del secondario circa settecento metri. Rapporto del numero delle spire secondarie alle spire primarie 30.

*
* *

Avrei qui terminata la mia comunicazione. Aggiungerò solo due parole per descrivere, nelle sue parti essenziali, il trasformatore che servì per le esperienze. Questo trasformatore (fig. 2) venne costruito su miei disegni, nelle officine della Ditta Pirelli e C. a Milano. Come si vede dalla figura, il primario P ed il secondario S sono concentrici, avvolti sui gambi della U che forma il nucleo. Il primario è alimentato da una corrente a 160 volt. Il secondario è diviso in 4 sezioni che possono essere messe in serie od in quantità, ed ogni sezione consta di 12 bobine. Il trasformatore suddetto dà normalmente, col secondario in serie, 160,000 volt; venne già spinto a 175,000 volt; e, di costruzione, venne lasciato posto per altre bobine secondarie, per portarlo sino a 200,000 volt. La parte che richiese maggiore cura fu l'isolamento; e, per non eccedere nelle dimensioni, l'isolamento generale, ottenuto con olio, venne rinforzato da manicotti e lastre di ebonite, nei punti più pericolosi. Si vedono chiaramente nel disegno i manicotti M_1 M_2, su cui sono infilate le bobine secondarie; il manicotto M_1 ha una flangia in alto, quello M_2 ha una flangia in basso, cosicchè la loro sovrapposizione fornisce come un manicotto unico a doppia flangia, sul quale è pur sempre possibile infilare le bobine secondarie che sono avvolte a parte in uno stampo. Altre lastre di ebonite L_1 in alto ed L_2 in basso impediscono una scintilla fra il nucleo ed il secondario; ed una lastra di ebonite trasversale E impedisce le scintille fra gli estremi del secondario. Quando tutto il trasformatore è in serie, gli estremi secondari sono alle due bobine superiori.

Credo utile far qui osservare che l'azione di queste lastre di ebonite non è così semplice come può parere a prima vista. Consideriamo, ad esempio, due dischi metallici isolati, posti nell'aria parallelamente fra di loro, e collegati rispettivamente ai due morsetti di un trasfor matore ad alta tensione. La distanza d fra i due dischi sia tale da non poter essere attraversata da una scintilla, al potenziale dato dal trasformatore, ma prossima alla distanza critica. Fra i dischi metallici non avremo scintille. Introduciamo ora, in mezzo ai dischi e parallelamente fra di essi, una lastra di ebonite il cui spessore sia minore di d. Vedremo immediatamente delle scintille fra le faccie di questa lastra ed i dischi metallici, ed anche fra i dischi metallici stessi ove la lastra di ebonite non li copra totalmente. L'inserzione di un buono strato isolante, come è la lastra di ebonite, ha dunque peggiorato la rigidità dielettrica del sistema. Questo fenomeno si spiega

Scala $\frac{1}{10}$

Trasformatore di 50 Kwatt. — 160·000 Volt.

Fig. 2.

facilmente. Nel primo caso, posto un disco al potenziale V, e l'altro al potenziale O, la linea del potenziale è una retta inclinata da V a O. I due dischi formano un condensatore ad aria. L'introduzione della lastra di ebonite cambia il condensatore precedente in un sistema assimilabile a tre condensatori in serie, di cui il condensatore intermedio, limitato alle faccie della lastra di ebonite, ha l'ebonite come dielettrico. Ora i condensatori in serie si caricano rispettivamente a potenziali inversamente proporzionali alle rispettive capacità: e poichè la capacità induttiva specifica dell'ebonite è maggiore di quella dell'aria, il condensatore in ebonite avrà fra le sue faccie una differenza di potenziale minore che se lo stesso spessore isolante fosse riempito da aria. Ne viene che nei due condensatori ad aria laterali il gradiente del potenziale, cioè la caduta di tensione per centimetro di distanza, è aumentato ed è ora maggiore che quando non si aveva la lastra di ebonite; il gradiente può essere aumentato di tanto da permettere la formazione di scintille attraverso lo strato d'aria. Ma se il condensatore invece che nell'aria fosse immerso in un liquido isolante la cui capacità induttiva specifica fosse maggiore di quella dell'ebonite, il fenomeno avverrebbe in un senso inverso; fra le faccie della lastra di ebonite si avrebbe una differenza di potenziale maggiore che fra eguale distanza del liquido isolante; e perciò il gradiente del potenziale nel liquido viene diminuito e diminuito il pericolo di scintille. Tutto questo ragionamento presuppone naturalmente che la rigidità dielettrica dell'ebonite sia maggiore di quella del liquido isolante, ciò che è veramente.

Ho creduto utile estendermi un po' a parlare di questo fenomeno, perchè non mi pare sia generalmente conosciuto e convenientemente apprezzato. Esso spiega i difetti che si trovano talvolta, ad esempio, negli isolamenti con tubi di micanite fatti negli avvolgimenti delle dinamo, o negli isolatori, ed altri fenomeni analoghi che molti di loro avranno avuto occasione di riscontrare nella pratica dell'elettrotecnica.

DISCUSSIONE.

Terminata la lettura dell'ing. Jona, l'ing. Semenza, che presiede l'adunanza, apre la discussione su tale comunicazione. Ecco un sunto della discussione.

Ing. Semenza. — « Noi dobbiamo essere ben riconoscenti al signor » ing. Jona per questi interessanti risultati delle sue ricerche che egli » ha voluto portare innanzi a noi, risultati che, per la loro importanza,

» non resteranno certamente limitati al nostro ambiente. E quest'im-
» portanza deriva anzitutto dalla competenza dell'ing. Jona nella ma-
» teria, e dalla precisione che tutti gli riconosciamo come esperimen-
» tatore; in secondo luogo dal gran numero di distanze studiate; in-
» fine dall'essere l'argomento di grande attualità. Infatti, sia nella
» scienza che nell'industria, gli olii isolanti sono oggidì assai impiegati,
» ma spesso a caso e senza alcuna idea del loro valore relativo.

« E a proposito di ciò, aprendo la discussione, mi permetto di ri-
» levare come io abbia avuto l'impressione che il signor ing. Jona
» parlasse degli interruttori a olio in modo che potrebbe venir inter-
» pretato come di poca fiducia nella loro praticità. Ripeto che ho avuto
» questa impressione, ma non so se sia esatta. In ogni modo ho po-
» tuto per pratica constatare che, in tali interruttori, la carbonizzazione
» dell'olio è ridotta a piccolissime proporzioni, tanto che il ricambio
» ne può esser fatto a intervalli lunghissimi. E si capisce che ciò debba
» essere, perchè la distanza alla quale si portano gli elettrodi dopo
» l'interruzione è assai maggiore della distanza esplosiva corrispon-
» dente alla tensione in giuoco, e quindi l'arco non può mantenersi.

« Un altro punto su cui voglio attirare la vostra attenzione è quello
» relativo all'influenza dei diaframmi isolanti interposti fra due piatti
» fra i quali esiste una differenza di potenziale. La spiegazione data
» dall'ing. Jona del fenomeno, oltre ad essere geniale, permette di
» spiegare una serie di fenomeni strani che si riscontrano negli iso-
» latori di porcellana. Quantunque le condizioni del fenomeno non
» siano perfettamente eguali, pure vi è un'analogia fra un condensatore
» che abbia per dielettrico l'aria con dei diaframmi interposti e un
» isolatore di porcellana a campane multiple. Orbene, spesso si trova
» che l'influenza delle campane intermedie è ben diversa da quella
» che si aspetterebbe; ciò mi sembra possa trovare la sua spiegazione
» in questa elegante osservazione dell'ing. Jona ».

Ing. Jona. — L'ingegnere Semenza mi osserva che, forse senza volerlo, io avrei affermato come negli interruttori con olio, quando scattano le scintille, l'olio brucia e deve essere cambiato, mentre che questo non avviene realmente nella pratica. Rettifico quanto di ambiguo posso aver detto poc'anzi: non ho voluto alludere menomamente agli interruttori, quando dissi che « negli apparecchi industriali, uniti a possenti generatori, la scarica carbonizza l'olio che deve spesso essere cambiato ». Gli interruttori ad olio sono costruiti espressamente per funzionare aprendo e chiudendo circuiti sotto carico; e quindi la velocità dello scatto, la distanza finale e la massa dell'olio

devono essere studiate in modo da non avere frequenti bruciature. Ma la cosa è diversa p. es. in un trasformatore, specialmente se la distanza fra i punti esplosivi non è grande, quantunque più che sufficiente all'isolamento normale.

Supponiamo per esempio di isolare due trasformatori, uno con olio di sesamo, l'altro con benzolo, astraendo dalla infiammabilità speciale di quest'ultimo corpo; e le distanze fra i punti pericolosi, nei due trasformatori, siano tenute inversamente proporzionali alle rigidità dielettriche di questi due liquidi. Per fissare le idee, in un trasformatore per 100,000 volt siano tali distanze 100 mm. pel trasformatore nell'olio di sesamo e 20 mm. per quello nel benzolo. Ora supponiamo che, per un accidente qualsiasi, per es. una sopraelevazione anormale di potenziale, scatti una scintilla nei due trasformatori: è molto probabile che, in ambedue i trasformatori, si formerà un arco stabile; e questa probabilità diviene certezza nel trasformatore col benzolo, poichè astraendo pure, ripeto, dalla grande volatilità e infiammabilità del benzolo, il trasformatore col benzolo si troverà in condizioni peggiori dell'altro. Infatti i punti pericolosi vennero qui tenuti più vicini, fidando nella maggiore rigidità dielettrica di questo liquido; rigidità che attualmente è scomparsa localmente, lasciando ogni possibilità alla formazione di un arco stabile.

Il carbonizzarsi o meno dell'olio, e la formazione di archi stabili negli apparecchi industriali uniti a possenti generatori, dipende, a mio modo di vedere, specialmente dalla distanza a cui sono mantenuti i punti pericolosi fra loro e dalla facilità di accesso dell'olio. Se la distanza è grande, anche avvenendo una scintilla, l'olio si precipita e spegne l'arco in formazione; questo succede in un interruttore ben concepito; ma se è piccola, ed è spesso piccola nei trasformatori, voltmetri e simili, l'arco ha tempo di stabilirsi e l'olio brucia.

Ing. Carcano. — L'ing. Jona ci ha mostrato in modo efficace, come il rapido abbassamento della resistività di isolamento in funzione della temperatura, delle sostanze costituenti un cavo, non sia accompagnato da eguale diminuzione nella rigidità dielettrica di tali sostanze.

Ma queste prove furono eseguite con correnti di frequenze ordinarie: e l'ing. Jona ci ha questa sera detto anche, come la rigidità dielettrica che una sostanza può presentare, per una tensione rapidamente oscillante, sia ben diversa da quella che opporrebbe ad una tensione di frequenza ordinaria.

Vorrei quindi chiedere all'ing. Jona se egli possegga qualche dato circa il valore della rigidità dielettrica di un cavo sottoposto a tensione

oscillatoria e circa il variare di tale rigidità per tali tensioni in funzione della temperatura.

La questione mi sembra di interesse pratico quando si consideri come, dopo le ricerche di *Steinmetz* e dopo molti fatti constatati su distribuzioni ad alta tensione, sia necessario ammettere che una rete di cavi possa essere percorsa da oscillazioni elettriche, quando ad esempio un arco si rompe od un interruttore scattando apre un corto circuito.

Ing. Jona. — L'ing. Carcano desidera sapere se ho sperimentato cavi sotterranei con correnti ad alta frequenza e se ho constatato anche rispetto a tali correnti, una rigidità dielettrica poco diversa a diverse temperature. Osserva a ragione l'ing. Carcano che i cavi sotterranei bruciano talora per effetto di correnti oscillatorie, e sarebbe quindi utile conoscere la loro rigidità dielettrica, anche rispetto a tale genere di corrente, e se avviene il fenomeno suesposto a diverse temperature. Non ho mai provato dei cavi con correnti ad alte frequenze, e la osservazione dell'ing. Carcano suggerisce un esperimento interessante; molto difficile però ad eseguire in causa della grande capacità che si metterebbe così nel circuito ad alta frequenza ed alta tensione.

Inoltre, come già dissi, è sempre estremamente difficile od impossibile definire esattamente le condizioni di una corrente oscillatoria rispetto ad esperimenti di questo genere; per cui la discussione dei risultati difficilmente porterebbe a conclusioni sicure, ed i risultati stessi sarebbero poco comparabili.

Circa la rigidità dielettrica a temperature diverse con correnti oscillatorie ad alta frequenza, posso però dire che ho avuto occasione di lavorare con un trasformatore Tesla nel quale l'olio isolante era ad una temperatura di 50-60° ed il trasformatore funzionava bene.

Ho poi fatto recentemente qualche esperimento mettendo in derivazione, su di un trasformatore Tesla, due spinterometri ad olio, come quelli della fig. 1. In uno si aveva olio di resina alla temperatura ambiente 21° C. Nell'altro lo stesso olio riscaldato a 80°. Durante l'esperimento la temperatura di questo scese a 65°. Anche qui si regolava la distanza fra gli elettrodi (punta e piano) in uno degli spinterometri, sino ad avere indifferentemente la scintilla in uno o nell'altro spinterometro.

Ebbi i risultati qui sotto:

Distanza esplosiva nell'olio a 21° C.	mm.	5.5	14	34	58	65
» » » 80-65° C.	»	11	21	38	58	65

Ne risulterebbe, al principio dell'esperimento, una differenza fra le distanze esplosive, che va man mano attenuandosi e scompare poi affatto. Non saprei dire al momento se ciò dipenda dall'abbassamento di temperatura nell'olio caldo (essendo anche possibile che ci sia una temperatura critica in questi fenomeni); oppure se ci sia effettivamente una differenza per piccole distanze esplosive e non per grandi. Potrebbe anche darsi che, avendo dovuto alimentare i condensatori (la cui scarica oscillante fornisce la corrente primaria del Tesla) a potenziali variabili a seconda della distanza esplosiva che si voleva ottenere, il periodo della oscillazione sia variato. Io ho fatto questi pochi esperimenti per avere una prima idea del fenomeno; ma occorrerebbe ripeterli e variarli per poterne trarre conclusioni sicure.

DISTANZE

Aria e Olii

VOLT efficaci	Aria punta e piano mm.	Aria due sfere di 20 mm. mm.	Aria Parafulmine a corna mm.	Ricino essiccato punta e piano mm.	Ricino naturale punta e piano mm.	Lino naturale punta e piano mm.	Lino essiccato punta e piano mm.	Elaeococca punta e piano mm.	Colza punta e piano mm.	Sesamo naturale punta e piano mm.	Sesamo essiccato e filtrato punta e piano mm.	Sesamo essiccato e filtrato fra 2 sfere di 20 mm. mm.	Olivo naturale punta e piano mm.
10000	10	5	3	2	4	5	2	4	4	3	2	2	1
20000	24	10	8	4	10	10	5	9	9	6	4	2	4
30000	40	20	15	6	16	16	9	16	15	12	8	3	8
40000	58	32	25	12	26	22	14	24	22	20	13	4	15
50000	80	50	41	19	39	28	19	34	30	28	18	5	24
60000	104	80	64	30	52	34	25	45	39	39	27	6	35
70000	132	113	92	44	65	42	32	56	48	50	36	7	47
80000	163	149	124	60	78	50	40	67	57	62	47	9	60
90000	196	189	160	77	92	60	48	79	67	76	60	11	73
100000	230	229	200	95	106	70	58	90	78	91	73	14	86
110000	270	270	240	114	120	86	70	102	90	107	88	16	100
120000	310		284	134	136	104	84	113	103	124	103	18	114
130000	350		330	155	154	127	104	125	118	142	120	20	129
140000	390		380	175	174	151	130	136	134	160	137	23	144
150000	430		—	196	200	176	162	148	150	180	156	27	160
160000	470		—	217	225	205	—	159	168	200	176	30	178
Vedi curva N°	22-23		24 *bis*	37	38	39	40	41	42	49	50	51	1

ESPLOSIVE

vegetali

Olivo essiccato punta e piano mm.	Olivo essiccato due sfere di 20 mm. mm.	Canape naturale punta e piano mm.	Canape essiccato due sfere di 20 mm. mm.	Mais essiccato punta e piano mm.	Mais naturale punta e piano mm.	Mais naturale due sfere di 20 mm. mm.	Noce naturale punta e piano mm.	Noce essiccato punta e piano mm.	Noce essiccato due sfere di 20 mm. mm.	Palma a 45° punta e piano mm.	Resina essiccato punta e piano mm.	Resina essiccato due sfere di 20 mm. mm.	Resina essiccato a 75° punta e piano mm.
1	1	3	1	1	3	1	2	2	2	2	3	2	1
2	1.5	6	2	3	6	2	5	3	3	3	8	3	2
5	2	10	3	7	9	2.5	8	7	4	5	14	4	4
9	3	14	4	12	12	3	12	14	5	6	22	5	7
16	4	19	6	17	15	3.5	18	22	7	8	30	7	12
26	5	25	7	25	18	4	24	30	8	9	38	8	17
38	6	32	8	33	20	5	32	42	9	11	46	9	24
51	7	40	9	43	23	5.5	42	54	11	12	55	11	32
65	8	48	10	54	26	6	55	66	13	14	64	12	40
79	9	58	11	66	30	6	70	79	15	16	73	14	48
93	10	68	12	80	33	7	88	93	18	18	83	17	59
108	11.5	80	14	96	38	8	106	107	22	22	93	20	71
124	12	94	15	114	44	10	126	123	26	28	103	26	83
142	13	109	18	132	55	13	146	140	32	36	113	32	97
160	14	127	21	150	95	17	168	160	40	47	123	40	112
180	15	153	26	170	—	24	192	180	52	60	135	50	130
2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

DISTANZE

Olii minerali - Parafffina fusa

VOLT efficaci	Olio Paraffina punta e piano mm.	Olio Paraffina essiccato punta e piano mm.	Olio Paraffina essiccato due sfere di 20 mm. mm.	Paraffina fusa a 85° punta e piano mm.	Paraffina fusa a 55° punta e piano mm.	Paraffina fusa a 55° due sfere di 20 mm. mm.	Petrolio greggio punta e piano mm.	Petrolio bianco filtrato punta e piano mm.	Petrolio bianco essiccato punta e piano mm.
10000	4	4	3	2	1	1	7	3	3
20000	9	9	5	4	3	2	14	7	8
30000	14	14	7	6	5	3	22	13	14
40000	20	20	9	8	8	4	31	20	20
50000	28	26	11	12	12	5	40	28	28
60000	36	33	13	18	20	5.5	50	37	36
70000	45	40	15	28	32	6	60	46	44
80000	54	47	17	40	43	7	70	56	53
90000	64	54	19	52	54	8	80	66	63
100000	73	62	20	64	66	9	92	78	73
110000	82	70	24	76	77	9.5	104	90	83
120000	92	78	40	88	88	10	116	103	94
130000	102	86	60	100	100	11	129	117	105
140000	111	95	80	112	111	12	143	133	117
150000	120	104	100	123	122	13	158	150	130
160000	130	113	120	135	133	14	173	170	142
Vedi curva	25	26	27	19	20	21	28	29	30

ESPLOSIVE

- *Liquidi isolanti diversi*

Tetra-cloruro carbonio punta e piano mm.	Toluolo punta e piano mm.	Alcool amilico punta e piano mm.	Xilolo punta e piano mm.	Soluzione Colofonia nello Xilolo punta e piano mm.	Benzolo punta e piano mm.	Olio per trasformatori della Rheinische Vaseline Oel a 16° punta a piano mm.	Olio per trasformatori della Rheinische Vaseline Oel a 85° punta e piano mm.	VOLT efficaci
5	3	3	3	2	2	2	2	10000
12	6	13	6	5	4	4	4	20000
19	9	30	9	10	6	8	8	30000
28	11	—	12	15	7	14	13	40000
40	14	—	14	22	9	20	19	50000
52	17	—	17	30	10	28	26	60000
66	19	—	20	40	12	36	35	70000
80	22	—	23	50	14	44	44	80000
96	24	—	25	60	16	54	54	90000
112	28	—	28	70	18	64	63	100000
130	33	—	31	81	20	74	72	110000
150	41	—	33	93	22	84	81	120000
170	53	—	35	106	23	96	91	130000
190	63	—	38	120	25	108	100	140000
211	73	—	41	160	27	120	110	150000
232	84	—	44	—	29	134	120	160000
31	32	33	34	35	36	17	18	

DISTANZE ESPLOSIVE

Olii animali.

VOLT efficaci	Balena punta e piano mm.	Balena essiccato due sfere da 20 mm. mm.	Balena essiccato punta e piano mm.	Piede di cavallo naturale punta e piano mm.	Piede di cavallo essiccato punta e piano mm.	Piede di cavallo essiccato due sfere di 20 mm. mm.
10000	3	1	2	3	2	2
20000	6	2	4	7	3	3
30000	9	3	7	13	6	3
40000	13	4	11	20	11	4
50000	18	5	17	27	18	5
60000	24	6	24	36	26	6
70000	31	7	35	46	36	7
80000	40	8	46	56	49	8
90000	50	9	60	68	62	9
100000	62	10	75	80	76	10
110000	74	11	92	93	91	12
120000	88	12	110	107	107	14
130000	102	13	128	122	123	16
140000	117	14	146	136	140	18
150000	132	15	164	151	157	20
160000	147	16	182	167	178	23
170000	—	—	—	183	—	—
Vedi curva N°	43	44	45	46	48	47

N. 37.

SU LA DERIVAZIONE DELLE CORRENTI A REGIME VARIABILE

SECONDA COMUNICAZIONE

del Socio A. Garbasso

fatta alla Sezione di Torino nella Seduta del 25 giugno 1902

(Con 2 figure).

Ho fatto vedere nella Seduta dell'11 aprile ultimo (*), che quando in un circuito esiste una derivazione, non è possibile, *in generale*, sostituire alla coppia dei due fili un unico conduttore, a meno che sia:

$$\frac{R_1}{L_1} = \frac{R_2}{L_2} \text{ (**)}. \qquad (1)$$

Verificandosi tale condizione, le costanti del filo equivalente sono definite dalle uguaglianze:

$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \\ L &= \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Questo risultato sembra contraddire ad un teorema ben noto, secondo il quale, in circuiti azionati da f. e. m. *sinussoidali*, si può *sempre* sostituire con un filo solo due conduttori disposti in derivazione (***).

Ma non è difficile risolvere la difficoltà, e vale la pena di farlo, tanto più che la cosa non esige calcoli molto sviluppati, almeno se si fa uso di una notazione simbolica.

(*) A. Garbasso, *Su la derivazione delle correnti a regime variabile. Atti A. E. I.*, vol. VI, fasc. 2°, 1902.

(**) Per il significato delle lettere si veda la nota citata.

(***) Lord Rayleigh, *Phil. Mag.* (5), vol. XXI, 1886.

Le equazioni del problema sono le seguenti:

$$E = R_1\, i_1 + L_1 \frac{d\, i_1}{d\, t}\,,$$

$$= R_2\, i_2 + L_2 \frac{d\, i_2}{d\, t}\,,$$

$$= R\,(i_1 + i_2) + L\, \frac{d\,(i_1 + i_2)}{d\, t}\,,$$

ossia, scrivendo D per $\frac{d}{d\,t}$:

$$i_1 = \frac{E}{R_1 + L_1\, D}\,,$$

$$i_2 = \frac{E}{R_2 + L_2\, D}\,,$$

$$i_1 + i_2 = \frac{E}{R + L\, D}\,.$$

Di qui segue subito:

$$\frac{E}{R + L\,D} = \frac{E}{R_1 + L_1\, D} + \frac{E}{R_2 + L_2\, D}\,,$$

e quindi sviluppando:

$$\left.\begin{array}{l} \{[L_1 L_2 - L(L_1 + L_2)]\, D^2 + [L_1 R_2 + L_2 R_1 - (R_1 + R_2) L - (L_1 + L_2) R]\, D + \\ \qquad + [R_1 R_2 - R\,(R_1 + R_2)]\}\, E = 0. \end{array}\right\} \quad (3)$$

Qualunque sia E, quest'equazione si verifica certamente se è:

$$L_1\, R_2 + L_2\, R_1 - (R_1 + R_2)\, L - (L_1 + L_2)\, R = 0\,,$$

$$R_1\, R_2 - R\,(R_1 + R_2) = 0\,,$$

$$L_1\, L_2 - L\,(L_1 + L_2) = 0\,,$$

vale a dire:

$$\frac{R_1}{L_1} = \frac{R_2}{L_2}\,,$$

$$R = \frac{R_1\, R_2}{R_1 + R_2}\,,$$

$$L = \frac{L_1\, L_2}{L_1 + L_2}\,.$$

Le condizioni enunciate nella mia prima Nota sono dunque sufficienti, ma è facile vedere che, *in generale*, sono anche necessarie.

Se fosse, per esempio:

$$E = a\,t^2 \; (*),$$

con a costante, la (3) prenderebbe la forma:

$$A_1 t^2 + A_2 t + A_3 = 0\,,$$

e non si potrebbe verificare, per ogni valore di t, quando non fosse:

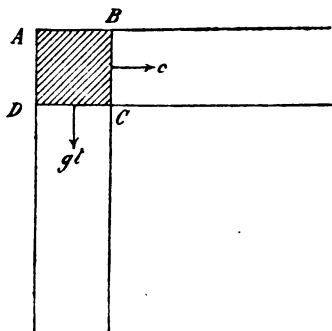
$$A_1 = A_2 = A_3 = 0\,.$$

Si riconosce subito però che vi sono dei casi eccezionali. E sono quelli in cui dei tre termini della equazione in E qualcuno si annulla di per sè, o si somma con gli altri.

Questi casi eccezionali si riducono a sette, come è facile vedere.

a) Può essere:

$$E = a\,,$$

(*) Non è difficile immaginare un artificio, che dia luogo ad una f. e. m. di questa forma. Se si avesse, ad esempio, un rettangolo conduttore disposto in modo

che un suo lato B C si movesse da sinistra a destra con una velocità uniforme c e un altro lato D C cadesse liberamente dall'alto al basso, per una scelta opportuna delle condizioni iniziali, l'area (tratteggiata nella figura) avrebbe la grandezza:

$$\frac{g\,t^2}{2}\,.\,c\,t = \frac{c\,g}{2}\,t^3.$$

Ciò posto, se, normalmente al piano A B C D, esiste un campo magnetico uniforme H, il flusso che traversa il rettangolo sarà dato da:

$$\frac{c\,g\,H}{2}\,t^3,$$

e la f. e. m. di induzione da:

$$-\frac{3\,c\,g\,H}{2}\,t^2.$$

e quindi:

$$DE = D^2E = 0.$$

La (3) fornisce semplicemente:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \tag{2'}$$

formola ben nota per la derivazione delle correnti nniformi.

b) In secondo luogo potrebbe supporsi E funzione lineare del tempo, uguale, diciamo, ad $a\,t$ (*). Verrebbe subito:

$$DE = a \quad , \quad D^2E = 0,$$

e però:

$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \\ L &= \frac{L_1 R^2_2 + L_2 R^2_1}{(R_1 + R_2)^2}, \end{aligned}\right\} \tag{2''}$$

le quali equazioni determinano R ed L indipendentemente da a.

c) Altri casi si ottengono supponendo che la E si riproduca dopo una o due derivazioni.

Potremo fare anzitutto:

$$DE = aE,$$

e quindi:

$$E = e^{at};$$

in questa ipotesi la (3) fornisce una sola equazione: si potrà dunque per ogni a scegliere ad arbitrio la R o la L.

d) Se si vuole invece che la E si riproduca dopo due derivazioni, se cioè si scrive:

$$D^2E = aE,$$

vi sarà luogo a distinguere i due casi, che derivano dai due segni possibili per la costante.

Per evitare confusioni scriveremo prima:

$$D^2E = -a^2E, \tag{§}$$

e poi:

$$D^2E = a^2E. \tag{§§}$$

(*) Questo caso si realizza tenendo fermo il lato B C nel rettangolo dell'esempio precedente.

Integrali della (§) sono sen $a t$ e cos $a t$, e così per l'una come per l'altra funzione la (3) fornisce due relazioni, cioè:

$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{R_1 R_2 (R_1 + R_2) + a^2 (L^2_1 R_2 + L^2_2 R_1)}{(R_1 + R_2)^2 + a^2 (L_1 + L_2)^2}, \\ L &= \frac{L_1 R^2_2 + L_2 R^2_1 + a^2 L_1 L_2 (L_1 + L_2)}{(R_1 + R_2)^2 + a^2 (L_1 + L_2)^2}, \end{aligned}\right\} (2''')$$

in accordo con il teorema ben noto, che ricordavo da principio. Resistenza e induttanza del filo equivalente sono determinate qui in funzione del periodo (*).

Quanto all'equazione (§§), essa non ha più per integrali delle funzioni periodiche; è soddisfatta invece dal seh $a t$ e dal coh $a t$. R ed L tornano a determinarsi per mezzo di a e le loro espressioni si ottengono dalle (2''') cambiando il segno della costante a^2.

Altri casi eccezionali, all'infuori di questi sette, cioè:

$$E = a,\ a t,\ e^{a t},\ \text{sen}\ a t,\ \cos a t,\ \text{seh}\ a t,\ \text{coh}\ a t$$

non vi possono essere, almeno finchè le costanti $R_1 . R_2 . L_1$ e L_2 sono tutte diverse da zero.

Si osserverà ancora che, verificandosi la condizione (1), le (2'') e (2''') vengono, come del resto è naturale, a coincidere con le (2).

Per la pratica delle correnti sinussoidali si può dunque ritenere che, se nei due fili derivati le resistenze sono proporzionali alle induttanze, il sistema si comporta sempre allo stesso modo, qualunque sia il periodo della f. e. m.

Delle equazioni (1) e (2) si può dare agevolmente una verifica sperimentale.

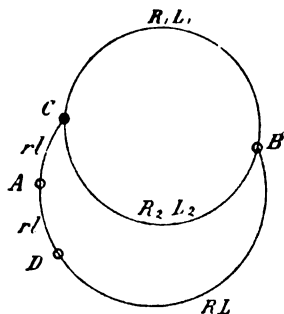
Si disponga all'uopo un circuito nel modo che è indicato dalla figura. Dal punto A, di potenziale V_A, parte un filo AC con la resistenza r e l'induttanza l; e da C si distaccano insieme due conduttori definiti dalle costanti $R_1 . L_1$, $R_2 . L_2$, i quali vanno a riunirsi in un punto B (a potenziale V_B).

(*) Lord RAYLEIGH (l. c.) dà per R e L le formole:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{a^2}{R_1 + R_2} \frac{(L_1 R_2 - L_2 R_1)^2}{(R_1 + R_2)^2 + a^2 (L_1 + L_2)^2},$$

$$L = \frac{L_1 R_2^2 + L_2 R_1^2}{(R_1 + R_2)^2} - \frac{(L_1 R_2 - L_2 R_1)^2}{(R_1 + R_2)^2 (L_1 + L_2)} + \frac{(L_1 R_2 - L_2 R_1)^2}{(L_1 + L_2)[(R_1 + R_2)^2 + a^2 (L_1 + L_2)^2]},$$

ma è facile vedere che queste, con semplici trasformazioni algebriche, si riducono alle (2''').

A e B sono ancora riuniti da un altro filo, che per un primo tratto (A D) ha la resistenza r e l'induttanza l, per il tratto residuo le costanti R e L.

Chiamiamo i_1 e i_2 le correnti dei fili $(R_1 . L_1)$ e $(R_2 . L_2)$, i la corrente del filo A D B, e V_C e V_D i potenziali dei punti C e D; avremo senz'altro:

$$V_A - V_C = r\,(i_1 + i_2) + l\,\frac{d\,(i_1 + i_2)}{d\,t}\,,$$

$$V_C - V_B = R_1\,i_1 + L_1\,\frac{d\,i_1}{d\,t}\,,$$

$$= R_2\,i_2 + L_2\,\frac{d\,i_2}{d\,t}\,,$$

$$V_A - V_D = r\,i \quad + l\,\frac{d\,i}{d\,t}\,,$$

$$V_D - V_B = R\,i \quad + L\,\frac{d\,i}{d\,t}\,.$$

Se ora si introduce l'ipotesi:

$$i = i_1 + i_2\,,$$

a prima e la quarta di queste equazioni forniscono subito:

$$V_C = V_D\,,$$

e però si ricava:

$$V_C - V_B = V_D - V_B = R_1\,i_1 + L_1\,\frac{d\,i_1}{d\,t}\,,$$

$$= R_2\,i_2 + L_2\,\frac{d\,i_2}{d\,t}\,,$$

$$= R\,(i_1 + i_2) + L\,\frac{d\,(i_1 + i_2)}{d\,t}\,.$$

La ricerca esposta nella prima Nota, più volte citata, insegna che ciò avviene in generale quando siano verificate le condizioni (1) e (2).

Nell'apparecchio che presento, i conduttori A C e A D sono costituiti ciascuno da una bobina e da un amperometro a filo caldo. E le bobine sono circolari, uguali e disposte ad angolo retto. Nel loro campo, normalmente ad entrambe, può girare sopra un pernio un dischetto di rame.

I conduttori $(R_1 . L_1)$, $(R_2 . L_2)$ e $(R . L)$ sono tre eliche simili, fatte col medesimo filo (di rame, coperto di seta); esse contengono rispettivamente 558, 279 e 186 spire, e hanno nell'interno un nucleo di ferro.

Avremo per i dati che ho riferito:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{279}{558} = \frac{1}{2},$$

e poichè è:

$$R = \frac{186}{558} R_1 = \frac{1}{3} R_1 = \frac{R_1 . \frac{1}{2} R_1}{R_1 + \frac{1}{2} R_1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2},$$

$$L = \frac{186}{558} L_1 = \frac{1}{3} L_1 = \frac{L_1 . \frac{1}{2} L_1}{L_1 + \frac{1}{2} L_1} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2},$$

la terza spirale dovrà essere equivalente al sistema delle altre due.

Questo è confermato dall'esperienza.

Si congiungano infatti A e B con i poli d'un alternatore in azione: gli amperometri segneranno la stessa corrente e il dischetto resterà immobile.

Se la velocità di marcia viene modificata; se, per esempio, si lascia che l'alternatore, poco a poco, si arresti, le due condizioni continueranno a verificarsi.

Ma, se si sposta uno dei nuclei, o si introduce in uno dei circuiti una piccola resistenza (un ohm, p. es.), il fasometro si mette in moto e i due amperometri non indicano più la medesima corrente.

La ricerca che ho esposta nella presente Comunicazione si potrebbe generalizzare con tutta facilità, sia supponendo che i fili derivati agiscano uno su l'altro, sia ammettendo che il loro numero sia più grande di due.

Mi accontenterò di accennare:

a) che un sistema di n fili le cui costanti soddisfino alle relazioni:

$$\frac{R_1}{L_1} = \frac{R_2}{L_2} = \frac{R_3}{L_3} = \ldots\ldots = \frac{R_n}{L_n}$$

è sempre sostituibile con un unico conduttore, definito dalle relazioni:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots + \frac{1}{R_n},$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots\ldots + \frac{1}{L_n};$$

b) che per forze elettromotrici sinussoidali la sostituzione si può fare in ogni caso; ma resistenza ed induttanza del filo equivalente dipendono al solito dal periodo.

Distanze esplosive
Volt efficaci
160000
140000
120000
100000
80000
60000
40000
20000
0
Curva: 1
2-3
4
5-6
7
8-9
10
11-12
13
Olio di
" Olivo naturale
" Olivo essiccato
" Canape naturale
" " essiccato
" Mais essiccato
" " naturale
" Noce naturale
" " essiccato

Distanze esplosive

Tav. II.

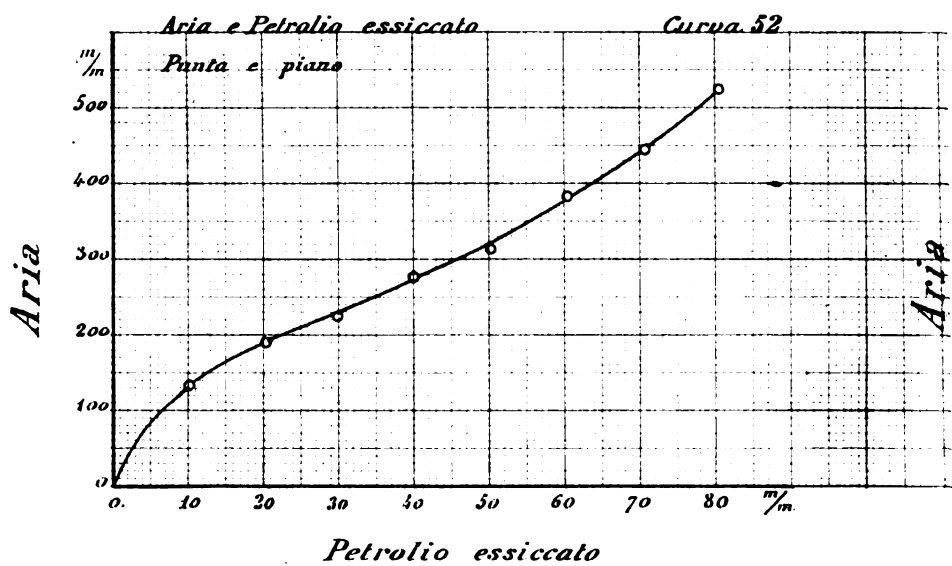
28
29
30
32
34
23
36
22
31
35
24 bis.
33
Aria tra punta e piano
" tra due sfere di 25 m/m
" " " " 20 m/m
Tra punta e piano
Tra sfere
31
32
33
34
35
36
Scala delle ascisse - millimetri
0
20
40
60
80
100
Tetracloruro di Carbonio
Toluolo
Alcool amilico
Xilolo
Soluzione Colofonia nello Xilolo
Benzolo

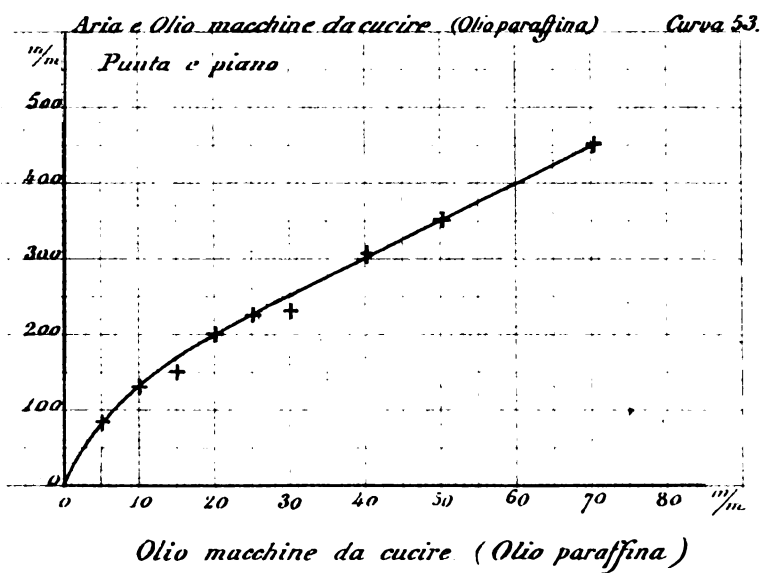
Distanze esplosive

Tav. III

Scala delle ascisse - millimetri

0 20 40 60 80 100

Equivalenza fra le distan

ze esplosive ad alte frequenze

Olio macchine da cucire (Olio paraffina)

N. 38.

ALCUNE CONSIDERAZIONI SUL CALCOLO DELLE DINAMO

LETTURA

fatta dal Socio Prof. L. PASQUALINI *alla Sezione Toscana nella Seduta dell'11 luglio 1902.*

Nell'assegnare le dimensioni agl'indotti dei generatori elettrici non si seguono, in generale, dei criteri ben definiti. Alcuni autori consigliano di dedurne la circonferenza dallo spazio occupato dal rame, prefisso che sia il numero delle spire e la sezione del conduttore. Altri assegnano al rapporto fra il diametro e la lunghezza dell'indotto dei valori empirici ricavati da macchine già costruite. Altri ancora, per rendere determinato il problema, posano delle equazioni fondate su condizioni di secondaria importanza, come, per esempio, quella di non aver scintille alle spazzole: condizioni che se devono rendersi verificate *a posteriori*, alterandosi all'occorrenza le dimensioni ottenute per altra via, non possono servir di base per dedurre le dimensioni stesse.

Il prof. G. Grassi, in alcuni pregevoli lavori pubblicati nei *Rendiconti della R. Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli* (1) e negli *Atti* della nostra Associazione (2), stabilisce una relazione fra il rendimento e le dimensioni dell'indotto, ed introduce la condizione che la superficie del cilindro abbia una grandezza sufficiente per il raffreddamento.

Ma a me pare che la condizione che prima di ogni altra deve essere posta, sia che: *a parità di altre circostanze, debba essere minimo il volume di ferro dell'indotto*, giacchè al minimo volume di ferro corrisponde la minima perdita per isteresi e la massima leggerezza ed economia di costruzione della macchina.

---

(1) Marzo-aprile 1900.
(2) Vol. 1°, pag. 41, e vol. 5°, pag. 140.

Posta quindi questa condizione, si arriva a dei risultati ben determinati e semplici quando si ammettano date, come d'ordinario, le seguenti quantità:

E = Forza elettromotrice;
I = Intensità di corrente;
N = Numero di giri al secondo;
w = Watts perduti nell'indotto per effetto Joule;
p = Numero delle coppie di poli;
p_1 = Numero delle coppie di spazzole;
δ = Densità di corrente;
B = Induzione magnetica nel ferro abbracciato da una spira quando questa è attraversata dal massimo flusso;
B_1 = Induzione massima nell'indotto (nel caso di indotto a tamburo).

Indichiamo le quantità da determinarsi con:
d = Diametro dell'indotto alla base dei denti;
l = Lunghezza del nucleo;
n = Numero totale delle spire.

Evidentemente essendo date w, I e d, riesce subito determinata la lunghezza del conduttore avvolto:

$$L = \frac{2 \cdot p_1 \cdot w}{I \cdot \rho \cdot \delta},$$

e riterremo quindi questa quantità come nota *a priori*.

Consideriamo il caso di un indotto a tamburo. Il volume del ferro, se indichiamo con h lo spessore nel senso del raggio, è:

$$v = \frac{\pi}{4}\left[d^2 - (d - 2h)^2\right] \cdot l = \pi (d\,h - h^2)\, l. \qquad (1)$$

Ma fra h e la corda c determinata da una spira, si ha la relazione:

$$\frac{h}{c} = \frac{B}{2 B_1},$$

e poichè:

$$c = d \cdot \text{sen}\, \frac{360^\circ}{4p}$$

$$h = \frac{B}{B_1} \cdot \frac{d}{2} \cdot \text{sen}\, \frac{360^\circ}{4p},$$

sostituendo in (I):

$$v = \pi \left(\frac{B}{2 B_1} \cdot \text{sen}\, \frac{360}{4p} - \frac{B^2}{4 B_1^2} \cdot \text{sen}^2 \frac{360^6}{4p} \right) d^2 l = k_1 d^2 l \qquad (2)$$

Per eliminare l'una o l'altra delle due variabili dal valore di v possiamo avere una prima equazione osservando che per il flusso ϕ si ha:

$$\phi = B . l . c = B . l . d . \text{sen} \frac{360°}{4p},$$

che sostituito nella nota equazione:

$$E = 2 . 10^{-8} . n . N \phi \frac{p}{p_1},$$

dà:

$$E = 2 . 10^{-8} . n . N . \frac{p}{p_1} B . l . d . \text{sen} \frac{360°}{4p},$$

che per semplicità ponendo:

$$k = \frac{E}{2 . 10^{-8} . N \frac{p}{p_1} . B . \text{sen} \frac{360}{4p}},$$

si può scrivere:

$$n . l . d = k . \tag{3}$$

Una seconda equazione si può avere esprimendo la lunghezza della spira con:

$$2 \alpha \left(l + d . \text{sen} \frac{360°}{4p}\right),$$

dove α è un coefficiente maggiore dell'unità dipendente dal modo in cui è fatto l'avvolgimento.

La lunghezza totale del conduttore sarà quindi:

$$2 n \alpha \left(l + d \,\text{sen} \frac{360°}{4p}\right) = L X . \tag{4}$$

Dalle due equazioni (3) e (4) si ricava:

$$l = 2 k \alpha \,\text{sen} \frac{360°}{4p} \frac{d}{d L - 2 \alpha k}$$

e:

$$d = 2 k \alpha \frac{l}{l L - 2 k \alpha \,\text{sen} \frac{360°}{4p}},$$

e sostituendo in (2) si hanno le due espressioni:

$$v = 2\,k\,k_1\,\alpha \operatorname{sen} \frac{360°}{4\,p} \, \frac{d^3}{L\,d - 2\,k\,\alpha}$$

$$v = 4\,k^2\,k_1\,\alpha^2 \frac{l^3}{\left(l\,L - 2\,k\,\alpha \operatorname{sen} \dfrac{360°}{4\,p}\right)^2}.$$

Derivando la prima rispetto a d e la seconda rispetto a l, e ponendo le derivate eguali a zero per avere le condizioni di minimo volume di ferro, si ricava:

$$d = 3\,\frac{k\,\alpha}{L} \tag{5}$$

$$l = \frac{6\,k\,\alpha \operatorname{sen} \dfrac{360°}{4\,p}}{L}, \tag{6}$$

le quali dànno direttamente i valori più convenienti del diametro e della lunghezza dell'indotto, e questi valori, introdotti nella (3) o nella (4), servono a ricavare n, ossia il numero delle spire.

Il solo coefficiente che deve essere dedotto dalla pratica è α, il cui valore dipende dal modo di esecuzione dell'avvolgimento, ma può essere stabilito con tutta precisione. È notevole che i valori di d, di l e di n riescono indipendenti da k_1 ossia dallo spessore del ferro; di questo spessore deve essere tenuto conto soltanto nel calcolare la riluttanza del circuito magnetico.

Più notevole ancora è la conseguenza che si ricava dividendo la (6) per la (5):

$$\frac{l}{d} = 2 \operatorname{sen} \frac{360°}{4\,p},$$

ossia il rapporto della lunghezza al diametro dipende esclusivamente dal numero dei poli.

Quanto abbiamo detto vale anche per gli alternatori a indotto fisso, giacchè l'espressione della f. e. m. ha la stessa forma che per le dinamo e si può ancora porre l'equazione (3); soltanto sarà diverso il valore di k.

Per gli indotti ad anello, piuttosto che il diametro conviene ricercare lo spessore del ferro; e ponendo che questo, per la solidità e l'estetica della macchina, abbia ad essere una frazione β del diametro, l'espressione del volume del ferro diventa:

$$v = \pi \left(\frac{h^2}{\beta} - h^2\right) l = k_1\,h^2\,l. \tag{2'}$$

Le due equazioni (3) e (4) si trasformano in:

$$n\,l\,h = k \qquad (3')$$

$$2\,n\,\alpha\,(l + h) = \mathrm{L} \qquad (4')$$

dalle quali si ricava:

$$h = \frac{2\,\alpha\,l\,k}{l\,\mathrm{L} - 2\,\alpha\,k} \qquad l = \frac{2\,\alpha\,h\,k}{h\,\mathrm{L} - 2\,\alpha\,k}$$

e v assume le due espressioni:

$$v = 2\,k_1\,k\,\alpha\,\frac{h^3}{h\,\mathrm{L} - 2\,\alpha\,k} \qquad v = 4\,k_1\,k^2\,\alpha^2\,\frac{l^3}{(l\,\mathrm{L} - 2\,\alpha\,k)^2},$$

le quali, derivando e ponendo eguale a zero, dànno:

$$h = \frac{3\,\alpha\,k}{\mathrm{L}}$$

$$l = \frac{6\,\alpha\,k}{\mathrm{L}},$$

ossia lo spessore del ferro calcolato dalla base dei denti, se ve ne sono, e la lunghezza del nucleo dell'indotto sono indipendenti dal diametro e devono essere fra di loro nel rapporto di 1:2, qualunque sia il tipo di dinamo e per qualunque numero di poli.

Il valore del diametro si ricava dalla:

$$h = \beta\,d$$

e il numero delle spire da una delle (3') e (4').

N. 39.

SOCIETÀ D'INCORAGGIAMENTO

per l'Agricoltura e l'Industria in Padova

AVVISO DI CONCORSO

a premio di LIRE CINQUEMILA.

Giusta il deliberato dell'Assemblea generale 5 maggio corrente della Società d'Incoraggiamento di Padova, viene aperto il concorso al premio di L. 5000, della fondazione Pezzini-Cavalletto, per una Memoria inedita sul seguente tema:

« Considerare con uno studio completo teorico-pratico quali sieno » allo stato attuale i risultati dell'impiego dell'energia elettrica alla » trazione ferroviaria e congeneri nei diversi paesi, indicando dal » punto di vista tecnico ed economico il modo migliore per giungere » ad utilizzare a questo scopo le forze idrauliche inoperose esistenti » in Italia ».

Al concorso non possono partecipare che italiani.

Esso rimane aperto a tutto 30 giugno 1903. Entro tale termine le rispettive Memorie dovranno essere trasmesse, franche di porto, all'Ufficio di Presidenza della Società d'Incoraggiamento nella sua sede in Padova.

Le Memorie dovranno essere anonime, e venir contraddistinte da un motto ripetuto sopra una scheda suggellata, contenente il nome, cognome e domicilio dell'autore.

Sarà aperta la sola scheda della Memoria premiata, e tutti i manoscritti rimarranno nell'archivio sociale, a corredo del proferito giudizio, con facoltà agli autori di farne trarre copia a loro spese.

La proprietà di tutte le Memorie, compresa la premiata, resterà ai rispettivi autori.

Entro tre mesi dalla chiusura del concorso una giurìa composta di cinque persone, notoriamente competenti, che sarà eletta da apposita Commissione, già costituita, dovrà deliberare sul concorso.

Qualora essa ritenga uno dei lavori presentati meritevole di premio, questo sarà consegnato, col relativo diploma, al vincitore del concorso entro un mese dalla pubblicazione del giudizio.

Il giudizio sarà inappellabile, ed il premio indivisibile.

La relazione della giuria sarà resa pubblica a mezzo della stampa.

Padova, 15 maggio 1901.

Il Presidente
EMILIANO BARBARO.

RELAZIONE PREMESSA ALLA PROPOSTA DEL TEMA

L'inciso che costituisce la parte integrale dello scopo nella Fondazione Pezzini-Cavalletto dimostra a sufficienza, anche senza ricorrere alle origini sue per ricavarne una splendida conferma, in quale grado i donatori si preoccupassero sovratutto d'incoraggiare gli studi ed il lavoro in ogni ramo di attività, in quanto il progresso da essa risultante possa ripercuotersi a vantaggio della prosperità nazionale.

È dunque chiara ed esplicita l'idea economica intesa nel senso più lato, come pure manifesto è il concetto che l'utile derivante dalle molteplici e svariate operosità umane debba essere risentito dall'intero Paese e non dall'una piuttosto che dall'altra regione, nè dall'una piuttosto che dall'altra consociazione d'interessi.

Il tema proposto a concorso, si riferisca esso alle scienze, alle industrie o alle arti, secondo le norme contenute nello speciale regolamento, dovrà di conseguenza in ogni caso — per rispecchiare con fedele esattezza l'intento patriottico dei due benemeriti fondatori — tener di mira queste caratteristiche essenziali, per cui venne a ragione espresso il frequente giudizio che l'Italia nostra, da poco risorta a vita libera, possa in breve volger di anni raggiungere il posto elevato al quale la sua storia e le sue tradizioni le dànno diritto di aspirare.

Nell'adempiere con coscienziosa cura il mandato affidatole, durante le varie fasi attraversate dalle lunghe pratiche necessarie all'assetto definitivo della Fondazione, la Società d'Incoraggiamento non venne meno in alcuna epoca ai criteri idealistici e nel contempo pratici ora esposti; ed a questi si attenne pure la Commissione che fu onorata dell'incarico di redigere per la prima volta un programma relativo al premio che sarà assegnato nell'anno 1903.

A tali medesimi fini dovranno ancora ispirarsi, per la validità dei loro lavori, i concorrenti che si accingeranno a svolgere il tema scritto in capo alla presente relazione e che venne appunto prescelto siccome quello che sembrò meglio d'ogni altro rispondere, nel campo delle scienze e delle industrie meccaniche, ai requisiti voluti, ed includere un problema di grande interesse attuale, la cui soluzione pratica non andrebbe certo disgiunta da un rivolgimento assai benefico per il nostro Paese, così ricco di sorgenti idrauliche.

La facilità delle comunicazioni e dei trasporti rappresenta oggigiorno il coefficiente precipuo di ogni progresso civile e commerciale, ed è ormai cosa indiscussa che senza Watt e Stevenson il consorzio umano, ben lungi sempre dalla tanto desiderata perfezione, non avrebbe certo raggiunto nel secolo XIX quel mirabile grado di organamento che ogni spirito imparziale deve pur riconoscergli in confronto dei tempi passati.

Devesi anche aggiungere che senza Galvani, Volta, Pacinotti e Ferraris, glorie tutte italiane, il secolo medesimo non si sarebbe testè chiuso lasciando intravvedere sino a quale vasto orizzonte potranno estendersi nel XX e nei successivi gli effetti meravigliosi dell'invisibile energia che per il genio di altri sommi potè già irradiare di luce splendente città e borgate e far percorrere in un attimo alla parola umana spazi infiniti, fondendo il pensiero dei popoli con voce continua in un insieme armonico coordinato.

Quasi a sanzionare coi fatti le scoperte straordinarie dei suoi figli l'Italia, terra di lagrime e di fiori, ma pur terra d'eroismo e di lavoro, offre alla utilizzazione industriale, secondo i moderni processi, molteplici cascate di acqua le quali, abbellendo bensì i pittoreschi paesaggi della Penisola, scorrevano sinora inoperose.

Non sarebbe davvero un gran peccato se esse dovessero a lungo rimaner tali?

La risposta viene spontanea ed è già di conforto poter notare che il risveglio industriale cui accenna il Paese si deve appunto in buona parte alle forze idrauliche sulle quali è ora possibile fare maggior assegnamento per emanciparsi dal carbone importato.

E soddisfa in pari tempo il vedere come esista una spiccata tendenza ad impiegare nell'industria dei trasporti l'enorme ricchezza latente racchiusa in queste forze.

Senza parlare dei trams elettrici che da qualche anno infondono nuova vita alle grande città, collegandone con rapida corsa i punti più lontani, è d'uopo ricordare le varie linee ferroviarie di recente costruzione che diedero già ottime prove.

Si tratta di primi esperimenti; tutto fa credere però che, perseverando lo Stato e le Società esercenti nell'indirizzo intrapreso, potranno in breve volger di anni trasformarsi molte delle linee anche principali ora esistenti in ferrovie a trazione elettrica, con notevole vantaggio dell'economia generale.

La scienza e la pratica costruttiva di tale principio sono ormai progredite in alcuni paesi e più ancora si spingono gli studi per ottenere nuovi perfezionamenti ai diversi sistemi.

Il filo aereo, la terza rotaia e gli accumulatori vengono applicati in molteplici guise e fervono le discussioni fra i tecnici per stabilire nei diversi casi la superiorità dell'uno sull'altro metodo.

Forse nessuno di essi rappresenterà la soluzione definitiva, ma tutti concorreranno ad avviare il problema verso un grado superiore. Certo è che non tarderanno a delinearsi progressi pratici tali da aver ragione delle difficoltà di diversa indole che ancora potrebbero opporsi alla diffusione dell'innovamento. Certo è pure che qualsiasi atto che valga a propagare l'esatta conoscenza di quanto venne eseguito e scritto in materia, renderà più sollecito il risultato voluto, incoraggiando all'opera nuovi studiosi e facilitando loro l'arduo cômpito.

È con questa sola e precisa intenzione che venne proposto il tema di cui trattasi, nella mira speciale di additare ai giovani ingegneri italiani che essi devono mettersi alla testa del movimento iniziato affinchè il Paese nostro, culla della scienza elettrica e fonte di tante splendide energie, non rimanga ad alcuno secondo in così nobile gara.

Non dunque nuove scoperte o progressi costruttivi si pensò di premiare, poichè troppa sproporzione sarebbe esistita tra il fondo di cui può disporre l'Istituto e l'entità delle spese richieste da ogni importante applicazione industriale, e perchè riesce trascurabile l'impulso che può infondere nell'animo di un inventore l'idea del premio in confronto al giusto compenso morale ch'egli si aspetta dalla rinomanza e dalla utilità diretta del proprio ritrovato.

Si volle invece prendere l'iniziativa di una pubblicazione seria e completa, la quale riunisca tutto ciò che sino ad oggi venne fatto di meglio in questo ramo particolare dell'elettrotecnica, per modo che essa possa riuscire veramente di guida agli specialisti, e indichi loro la miglior via da seguire affine di ottenere i risultati più immediati e rispondenti, dirimendo i dibattiti che sulle singole questioni fossero insorti o potessero sorgere.

Dovranno dunque i concorrenti attenersi alla precisa formula che compendia il tema del concorso e svolgere in senso storico, narrativo e scientifico la teoria e la pratica della trazione elettrica ferroviaria e

tramviaria nei diversi paesi sino ad oggi, esponendo anche il loro giudizio sui più recenti ritrovati; per giungere infine a considerare in modo ampio, quanto e quale utile risultato possa ritrarsi a tal fine dall'impiego industriale delle nostre numerose energie idrauliche.

Non è poi male ripetere che in tutto lo studio, oltrecchè delle ragioni tecniche, dovrà essere tenuto pur calcolo dei vari fattori economici i quali possono influire sulla soluzione del quesito, affinchè nella conclusione del lavoro rimanga chiaramente comprovato il vantaggio che da simile riforma verrebbe a risentire la prosperità nazionale, intesa, come si disse, nel senso più lato e generico.

Così facendo, gli elettricisti italiani benemeriteranno realmente del Paese, e alla fondazione Pezzini-Cavalletto rimarrà il vanto di aver promosso colla sua iniziativa una gara bella e proficua che lascierà traccia incancellabile negli annali scientifici dell'epoca presente.

Il Relatore
GUSTAVO CORINALDI.

NECROLOGIA

Con vivissimo dolore dobbiamo annunciare la morte del consocio Ing. **G. B. Folco,** Ingegnere-Capo della Società dei tramways fiorentini, avvenuta il giorno 3 del corrente mese in Firenze. L'Associazione perde in lui uno dei suoi Soci benemeriti, essendo stato fra i più solerti fondatori della Sezione Toscana, di cui fu prima Segretario e poi Consigliere. Alle onoranze funebri, che furono meritatamente solenni, prese parte una larga rappresentanza della nostra Associazione.

N. 40.

NOTIZIE
DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEZIONE DI TORINO.

25 giugno 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *« Su la derivazione delle correnti »: Seconda comunicazione del socio prof.* A. GARBASSO, *illustrata da esperienze.*
2. *Comunicazioni della Presidenza.*

Presiede il Vice-Presidente prof. Lorenzo Ferraris.

Il prof. Antonio Garbasso fa la sua comunicazione *Su la derivazione delle correnti a regime variabile,* illustrandola con esperienze, brillantemente riuscite. L'oratore è alla fine calorosamente applaudito.

Il Presidente comunica che la Presidenza della Sede Centrale ha accolto con favore l'iniziativa presa dal Consiglio della Sezione perchè si convochi in Torino l'Assemblea generale 1902. La Sezione di Napoli con grande cortesia ha rinunciato per quest'anno alla precedenza, riconoscendo l'opportunità della proposta, tenuto conto che nella seconda metà di settembre verrà inaugurato il monumento a Galileo Ferraris, che ancora sarà aperta l'Esposizione e che si terranno in quell'epoca altri Congressi che potrebbero interessare i Soci della A. E. I.

La Presidenza della Sede Centrale ha posto all'Ordine del giorno del prossimo Consiglio generale la deliberazione in merito. È quindi probabile venga approvata. Questa Presidenza fa perciò appello a tutti i Soci della Sezione per avere un valido concorso affinchè la riunione abbia a riuscire degna della Associazione; e ha pensato, se l'Assemblea approva, di aggregarsi alcuni Colleghi onde formare un Comitato organizzatore.

L'Assemblea approva le proposte del Presidente.

La seduta è levata alle ore 22,30.

SEZIONE DI FIRENZE.

4 marzo 1902, ore 21,20. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

Dietro invito del Consiglio Direttivo i Soci della Sezione Toscana si sono adunati in Adunanza generale per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Nomina del Presidente (in sostituzione del prof. Pacinotti dimissionario, eletto nell'ultima adunanza Presidente Onorario) e di*

un Consigliere in sostituzione del prof. Bazzi nominato Vice-Presidente.

3. *Comunicazione di una proposta della Sezione di Genova per la riduzione a L. 5 del contributo alla Sede Centrale. — Discussione e votazione relativa.*
4. *Nomina dei Revisori dei conti pel corrente anno.*
5. *Comunicazione del socio ing.* Picchi: « *Sul nuovo tipo di accumulatori elettrici* « Tribelhoru ». *Al quale Ordine del giorno era stato in seguito ad invito della Sede Centrale, aggiunto e comunicato ai Soci il seguente articolo:*
6. *Nomina dei Delegati che dovranno far parte della Commissione incaricata di compilare un Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici.*

Presiede il Vice-Presidente prof. Bazzi; sono presenti 14 Soci.

Il Vice-Presidente dà lettura del telegramma spedito al prof. Grassi in occasione del banchetto offertogli a Torino per la sua nomina a commendatore, dai Consiglieri delegati della Sezione, i quali a nome dei Soci porgono vive congratulazioni. Viene approvato all'unanimità.

Propone quindi un voto di ringraziamento al prof. Vimercati per l'opera da lui prestata come Vice-Presidente della Sezione fino dal suo inizio. Tale proposta viene approvata pure all'unanimità.

Il Vice-Presidente comunica la avvenuta ammissione a Soci della Sezione Toscana dei sigg. ing. Luigi Pozzolini e dottor William Dunn e l'Assemblea ne prende atto. Comunica pure che il prof. Scarpa che ha fatto domanda di passare a questa Sezione, viene ammesso Socio della Sezione sua secondo una deliberazione del Consiglio generale, che viene citata dalla Sezione di Torino dovrà per l'anno corrente pagare la tassa a detta Sezione.

Il prof. Scarpa ne prende atto.

Il Vice-Presidente dà lettura della lettera che il Consiglio Direttivo ha diretta al prof. Pacinotti esprimendogli il dispiacere provato dai Soci per le sue dimissioni e partecipandogli la nomina a Presidente Onorario.

Il Segretario dà lettura del verbale dell'ultima adunanza che viene approvato.

Si procede alla votazione per la nomina del Presidente e di un Consigliere la quale ha il seguente risultato:

Votanti 24 dei quali 10 per corrispondenza.

Presidente:	Roiti	voti 23	
	Pasqualini . . .	» 1;	eletto prof. Roiti.
Consigliere:	Folco	» 22	
	Vimercati . . .	» 1	
	Schede bianche . .	» 1;	eletto ing. Folco.

Il Vice-Presidente incarica i consiglieri Pasqualini e Santarelli di partecipare a nome del Consiglio il risultato della votazione al prof. Roiti. L'ing. Folco dopo la votazione entra subito a far parte del Consiglio.

Il Vice-Presidente dà lettura di una lettera del prof. Pacinotti in risposta alla lettera del Consiglio Direttivo e in ringraziamento per la nomina a Presidente Onorario.

Viene quindi in discussione la questione all'art. 3 dell'Ordine del giorno.

Dopo che il Vice-Presidente ha dato lettura della lettera della Sezione di Genova, l'ing. Santarelli accenna alla discussione che sull'argomento della riduzione del contributo alla Sede Centrale fu fatta alla Assemblea generale di Roma e che fu riportata anche negli *Atti*. Dice che la proposta di Genova gli pare accettabilissima e propone che la Sezione Toscana si associ con plauso alla proposta in parola.

L'ing. Folco associandosi alle idee espresse dall'ing. Santarelli raccomanda che vengano anche interessati i nostri Consiglieri delegati alla Sede Centrale perchè appoggino la proposta quando sarà portata al Consiglio generale.

La proposta Santarelli e la raccomandazione dell'ing. Folco vengono approvate all'unanimità.

Il Presidente comunica quindi la lettera della Sede Centrale, la quale partecipando che il risultato della votazione per *referendum* è stato favorevole alla compilazione del Regolamento, invita la Sezione a nominare due Delegati per la Commissione incaricata di compilarlo.

A questo proposito l'ing. Folco osserva che sarebbe opportuno affidare l'incarico ai Consiglieri delegati della Sede Centrale, ma visto che essi non potrebbero accettare sarebbe bene intendersi prima della votazione su nomi di persone che dichiarassero di poter prendere parte ai lavori della Commissione.

Essendovi all'Ordine del giorno anche la nomina dei Revisori dei conti (pei quali non si è chiesta votazione per corrispondenza non costituendo una vera carica sociale), il Vice-Presidente sospende per 10 minuti la seduta onde i Soci si accordino sui nomi da proporre per le due elezioni. Riaperta la seduta vengono eletti per acclamazione a Revisori dei conti i signori ing. Boglione, ing. De Goracuchi e ing. Tolomei; e a Membri della Commissione pel Regolamento il prof. Pasqualini e l'ing. Santarelli.

Dopo di ciò il Vice-Presidente dà la parola all'ing. Picchi, il quale mostra agli intervenuti alcuni campioni di accumulatori brevetto « Tribelhorn » a elettrodi recipienti spiegandone la costruzione e il funzionamento e facendo vedere disegni di altri tipi fra i quali il tipo trasportabile. Dopo breve discussione sui pregi e i difetti del nuovo tipo di accumulatore la seduta è tolta alle ore 22,45.

11 luglio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Partecipazione dell'ammissione di 5 nuovi Soci.*
3. *Comunicazioni relative a varie proposte circa la questione del contributo alla Sede Centrale.*
4. *Discussione della proposta del socio ing.* PICCHI, *circa l'adesione alla Commissione per l'adozione di una lingua ausiliaria internazionale.*
5. *Comunicazione del socio prof. cav.* L. PASQUALINI: « *Alcune considerazioni sul calcolo delle dinamo* ».

L'adunanza ha luogo alla Sede e viene aperta la seduta a ore 21,30. Presiede il Vice-Presidente prof. Bazzi.

Il Segretario legge il verbale della precedente adunanza che viene approvato.
Il Vice-Presidente dà quindi lettura del telegramma inviato a nome della Sezione

al Presidente del Comitato per le onoranze a Ferraris in Livorno Piemonte, di cui vien preso atto.

Il Segretario comunica le informazioni avute dal cav. Sizia, Consigliere Delegato alla Sede Centrale, circa l'inaugurazione del monumento a Ferraris in Torino. Il socio Rampoldi lamenta che l'Assemblea di Torino sia indetta per gli ultimi giorni di settembre, lasciando poco intervallo a quelli che vorranno recarsi al Congresso degli ingegneri a Cagliari.

Il Segretario dà lettura dei nomi dei 5 nuovi soci, sigg. Carlo Corticelli di Cetona, ing. Ernesto Corsini, ing. ten. Pio Massimo Pietrini e dottor Giuseppe Ciaranfi di Firenze e signor Giuseppe Magini di Montepulciano. L'Assemblea ne prende atto.

Il Vice-Presidente dà quindi lettura della nuova proposta della Sezione di Genova per la riduzione del contributo alla Sede Centrale e spiega come tale proposta sia stata già discussa in altre Sezioni, mentre per disguido postale non pervenne alla Sezione Toscana, che ne ha richiesta copia a Genova. Il cons. Santarelli fa notare che non essendovi il numero legale, l'Assemblea non può deliberare, ma si può fare uno scambio di idee, le cui conclusioni, presentate a nome del Consiglio Direttivo, valgano come una raccomandazione al Consiglio generale.

Il Segretario dà lettura di parte del verbale dell'adunanza della Sezione di Roma, in rapporto alla questione e comunica l'esito che ha avuto la proposta della Sezione di Torino. Dopo breve scambio di idee, durante il quale si riconoscono molti vantaggi sulle altre alla proposta Manzetti, il cons. Santarelli propone e viene approvato che il Consiglio inviti la Sede Centrale ad inserire all'Ordine del giorno dell'Assemblea annuale di Torino la questione del contributo alla Sede Centrale, perchè in detta Assemblea si possa scegliere una proposta da sottoporre poi all'approvazione delle singole Sezioni.

Si passa quindi alla proposta dell'ing. Picchi e vien data lettura della circolare della Commissione e della *dichiarazione*, la quale stabilisce l'opportunità dell'adozione di una lingua ausiliaria internazionale, le condizioni alle quali essa dovrebbe sottostare, e l'ufficio dei Delegati nominati dalle varie Società scientifiche a far parte della Commissione. Dopo breve discussione si stabilisce in massima di aderire, ma si rimette la votazione alla prossima adunanza mancando il numero legale.

Il prof. Pasqualini dà quindi lettura della sua comunicazione: « Alcune considerazioni sul calcolo delle dinamo », che viene vivamente applaudita. Si stabilisce che venga trasmessa integralmente alla Sede Centrale per la stampa negli *Atti*.

La seduta è sciolta alle ore 23.

SEZIONE DI ROMA.

23 maggio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Interpellanza ing.* GIORGI *sulla diffusione degli Atti dell'A. E. I.*
3. *Nuove proposte della Sezione di Genova per la riduzione del contributo alla Sede Centrale.*
4. *Continuazione della discussione sulla trazione elettrica ferroviaria* (*comm.* DELL'ORO).

5. *Ing.* R. Colombo: « *La trazione tramviaria a contatti superficiali* ».
6. *Scelta del tema per la prossima riunione.*

È approvato il verbale della seduta precedente.

Il Presidente comunica una lettera del Comitato esecutivo per il X Congresso degli ingegneri ed architetti italiani, che sarà tenuto in Cagliari nella seconda metà di ottobre.

L'ing. Brunelli crede doveroso da parte dell'A. E. I. di far sentire la sua voce in questo Congresso, che si occuperà di quistioni attinenti all'Elettrotecnica, per l'importanza delle quistioni stesse, e pensa che sarebbe anche opportuno che la Sede Centrale, nei limiti del possibile, disponesse che il nostro Congresso annuale non coincida con quello sunnominato di Cagliari. Propone quindi che si inviti la Sede Centrale ad interessarsi della cosa.

La proposta è accettata.

In seguito il Presidente presenta all'Assemblea una copia del nuovo Annuario della nostra Sezione pel 1902. Esso contiene l'elenco delle cariche del Consiglio generale, del Consiglio Direttivo della Sezione, lo Statuto dell'A. E. I., il Regolamento della Sezione di Roma, la convenzione colla Società degli Ingegneri e Architetti Italiani, il Regolamento ed il Catalogo della nostra biblioteca ed in fine l'elenco dei Soci.

I lavori compiuti dalla Sezione in quest'ultimo biennio ed accennati nell'Annuario, dimostrano come si sieno potute esaurire tre serie di conferenze sperimentali, con complessivamente 27 conferenze, sui più svariati argomenti sia teorici che tecnici, come il pubblico abbia preso vivo interessamento, come numerose comunicazioni di indole più speciale e quasi tutte veramente importanti sieno state tenute dai nostri Soci nelle sedute della Sezione.

Nonostante il nostro modesto bilancio abbiamo potuto costituire una biblioteca con circa 250 volumi, per la massima parte acquistati, e scelti in modo, come risulta dal Catalogo pubblicato, che abbiamo si può dire le opere più importanti per ogni ramo dell'Elettrotecnica.

Per la convenzione colla Società degli Ingegneri i nostri Soci hanno diritto al prestito anche delle opere di Elettrotecnica appartenenti alla Società degli Ingegneri, ed è degna di nota la serie di periodici che i nostri Soci hanno a disposizione. Allega infine a verbale il bilancio della nostra Sezione.

Il socio ing. Giorgi, desidera rivolgere l'attenzione della Presidenza dell'Associazione sul fatto che mentre vi sono diverse pubblicazioni che si occupano di dare il riassunto più completo possibile dell'intera letteratura elettrotecnica periodica di tutti i paesi, nessuna di queste tiene gli *Atti* della nostra Associazione nel numero delle pubblicazioni di cui fa lo spoglio. Cita per esempio:

« The Science Abstracts », London;
« Fortschritte der Physik », Berlin;
« The El. World (Digert) », New York;
« Fortschritte der Elektrotechnik », Berlin.

Fra queste la prima aspira ad essere una rivista completa e dettagliata di tutte le pubblicazioni sull'elettricità teorica e pratica, periodici ed atti di Associazioni elettrotecniche; e fra gli altri pubblica la recensione dei giornali « L'Elettricista » di Roma e « L'Elettricità » di Milano; per cui la omissione degli Atti dell'A. E. I. non può essere dovuta nemmeno a mancante conoscenza della lingua.

Evidentemente l'unica ragione dell'omissione deve essere questa, che non abbiano

modo di procurarsi regolarmente i nostri *Atti;* quindi probabilmente per riparare a questa mancanza basterà che la Presidenza proponga a queste riviste il cambio.

Ricorda anche che gli *Atti* dell'Associazione mancano finora pure nel catalogo della completissima biblioteca di periodici del « Patent Office » inglese; e che tanto questo quanto i consimili di altri paesi si potrebbero forse indurre senza molta difficoltà a prendere l'abbonamento.

Propone quindi che si inviti la Sede Centrale a rimediare all'inconveniente accennato.

Il Presidente trasmetterà volentieri questa proposta.

Viene in seguito in discussione la nuova proposta della Sezione di Genova per la riduzione della quota; questa parte del verbale è stata già pubblicata separatamente.

Nella continuazione della discussione sulla trazione elettrica tramviaria parlano il comm. Dell'Oro e l'ing. Lenner. Le loro comunicazioni saranno pubblicate separatamente.

È rimandata alla prossima seduta la comunicazione dell'ing. Colombo.

6 giugno 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni.*
2. *Ing.* R. COLOMBO: « *Trazione elettrica tramviaria a contatti superficiali* ».
3. *Ing.* F. GENTILI: « *Sul controller Westinghouse per più vetture automotrici* ».

L'ing. Colombo parla sulla trazione elettrica a contatti superficiali.

La comunicazione dell'ing. Gentili è rimandata.

21 giugno 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Ing.* F. GENTILI: « *Sul controller Westinghouse per più vetture automotrici* ».
3. *Dott.* R. MANZETTI: « *Sulla misura dei piccoli coefficienti di autoinduzione* ».

Il Presidente comunica all'Assemblea l'Ordine del giorno del Consiglio generale da tenersi il 28 giugno.

Esso passa senza discussione, essendo già stato espresso in varie volte il parere della nostra Sezione sulle diverse quistioni.

Indi parlano l'ing. Gentili ed il dott. Manzetti.

SEZIONE DI PALERMO (1).

24 febbraio 1902, ore 20,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazioni della Presidenza.*
2. *Proposta della Sezione di Genova per riduzione a lire cinque annue del contributo alla Sede Centrale.*
3. *Conferenza del socio prof.* CORBINO *sull'argomento: « Influenza della temperatura ambiente sull'energia irradiata dal filamento di una lampada elettrica ».*
4. *Bilancio consuntivo 1901 e preventivo 1902 (in 1ª convocazione).*
5. *Nomina dei Revisori dei conti per l'anno 1902.*

Aperta la seduta, vien letto ed approvato il verbale precedente.

Il Presidente, prof. Pagliani, comunica quindi l'ammissione a Socio del signor ing. Eugenio Bonaccorsi, avvenuta con deliberazione del Consiglio Direttivo del 12 febbraio ultimo.

Apre quindi la discussione sulla proposta della Sezione di Genova, che viene approvata ad unanimità.

Dà in seguito la parola al prof. Corbino, il quale trattiene i Soci sul tema: « Influenza della temperatura ambiente sull'energia irradiata dal filamento di una lampada elettrica ».

Per mancanza di numero legale è rimandata alla seconda convocazione la discussione del bilancio e la nomina dei Revisori dei conti.

10 marzo 1902, ore 21,30. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Bilancio consuntivo 1901 e preventivo 1902 (in 2ª convocazione).*
2. *Nomina dei Revisori dei conti per l'anno 1902.*
3. *Nomina di due Delegati per far parte della Commissione per lo studio delle norme di sicurezza per gli impianti elettrici.*

Letto ed approvato il verbale della seduta precedente, si procede all'esame dei bilanci consuntivo 1901 e preventivo 1902, i quali restano approvati.

Si rimanda ad altra seduta la nomina dei Revisori dei conti.

Si eleggono a Delegati per far parte della Commissione per lo studio del Regolamento sulle norme di sicurezza i signori prof. Stefano Pagliani ed ing. Emilio Piazzoli.

---

(1) Questi verbali della Sezione di Palermo sono stati spediti alla Sede Centrale il 18 luglio. Questo è il solo motivo del ritardo con cui vengono pubblicati.

L'Associazione Elettrotecnica Italiana, Sede centrale, scambia gratuitamente i proprii *Atti* colle seguenti Riviste e periodici scientifici:

R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, Palazzo Brera, Milano.
R. Istituto Tecnico Superiore, Milano.
Camera Senato (Biblioteca), Roma.
Il Nuovo Cimento, Pisa.
Società degli Studenti Trentini, via Larga, 8, Trento.
La Chimica Industriale, Galleria Nazionale, ingresso *D*, Torino.
Annali di Elettricità medica e Terapia fisica (Dott. G. Arienzo), Gabinetto elettroterapico dell'Ospedale Incurabili, Napoli.
Unione permanente delle Camere di Commercio Italiane, Milano.
Società medico-chirurgica di Bologna, Palazzo dell'Archiginnasio, Bologna.
Collegio Ingegneri ed Architetti in Milano, via S. Paolo, 10, Milano.
Camera Commercio, piazza Mercanti, Milano.
Camera Deputati (Biblioteca), Roma.
Rivista Tecnica Emiliana, Porta San Martino, Bologna.
R. Accademia dei Lincei, Roma.
Società d'Incoraggiamento d'Arti e Mestieri, via S. Marta, 18, Milano.
Società Chimica di Milano, via S. Paolo, 10, Milano.
Revue Internationale de Thérapie physique, via Plinio, Roma.
Secrétariat Général de l'Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Montefiore, rue du Pot-d'Or, 43, Liège (Belgique).
Association entre les Élèves de l'Institut Montefiore, Quai Mativa, Liège (Belgique).
American Institute of Electrical Engineers, 26, Cortland Street, New-York.
American Electrician, Havemeyer Building, New-York.
The Electrical Review, 41 Park Row, Times Building, New-York.
The Electrical World and Electrical Engineer, 120 Liberty Street, New-York.
Institution of Electrical Engineers, Victoria Mansion, 28, Victoria Str., London S. W.
The Electrical Review, Ludgate Hill, London.
Association Suisse des Electriciens (Pres. Prof. W. Wissling), Waedensweil près Zürich.
Verband Deutscher Elektrotechniker, Monbijouplatz, 3, Berlin.
Elektrotechnischer Verein, 4 B Artilleriestrasse, Berlin.
Elektrotechnische Zeitschrift, Monbijouplatz, 3, Berlin.
Société Internationale des Électriciens, rue de Staël, 12, Paris.
I. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Rovereto.

ERRATA-CORRIGE.

A pagina 250 del precedente fascicolo 3°, vol. VI, nel testo della Conferenza dell'ing. GINO CAMPOS « *Sulla sintonia nella telegrafia senza fili* », si legge:

« Infatti noi possiamo bensì assimilare l'antenna trasmettente ad un conduttore posto a terra perchè dobbiamo considerarne il funzionamento prima che sia superato l'isolamento del coherer... ».

Leggasi invece:

« Infatti noi possiamo bensì assimilare l'antenna trasmettente ad un conduttore posto a terra perchè dobbiamo considerarne il funzionamento *dopochè, scoccata la prima scintilla, essa forma un conduttore continuo; ma quanto all'antenna ricevitrice, dobbiamo invece considerarne il funzionamento* prima che sia superato l'isolamento del coherer... ».

Prof. GUIDO GRASSI, *Redattore-Responsabile.*

Torino — Tip. Lit. Camilla e Bertolero di Natale Bertolero.

CONSIGLI DELLE SEZIONI A. E. I.

Torino, *Galleria Nazionale - Via Roma, 28.*

Presidente: Comm. Roberto Cattaneo.
Vice-Presidente: Prof. Ing. Lorenzo Ferraris.
Segretario: Cav. Ing. Enrico Segrè.
Cassiere: Ing. Mario Capuccio.
Consiglieri: Ing. Aristide Caramagna — Capon Maggiore Angelo — Ing. Lorenzo Garrone — Prof. Antonio Garbasso — Ing. Ettore Morelli — Ing. Vittorio Tedeschi.

Milano, *Via S. Paolo, 10.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. Luigi Zunini.
Vice-Presidente: Ing. Alessandro Panzarasa.
Segretario: Ing. Giacinto Motta.
Cassiere: Ing. Angelo Bianchi.
Consiglieri: Ing. Franco Brioschi — Ing. Carlo Clerici — Ing. A. Foscarini — Ing. G. Merizzi — Ing. Alessandro Scotti — Ing. Guido Semenza.

Genova, *Via Davide Chiossone, 7.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. S. A. Rumi.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Uff. Col. Federico Pescetto.
Segretario: Ing. Domenico Sertorio.
Cassiere: Cav. Saverio Audisio.
Consiglieri: Ing. Luigi Balbi — Ing. Cav. Silvio Bianchi — Ing. Celso Grillo — Ing. Cav. G. Reggio.

Bologna, *Via Galliera, 14.*

Presidente: Prof. Cav. Luigi Donati.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Prof. Silvio Canevazzi.
Segretario: Ing. Manfredo Peretti.
Cassiere: Ing. Barnaba Lanino.
Consiglieri: Ing. Alfredo Donati — Ing. Cav. Cleto Gasperini — Ing. Pietro Lanino — Ing. Umberto Maccaferri.

Roma, *Corso Umberto I, 397.*

Presidente: Prof. Moisè Ascoli.
Vice-Presidente: Prof. Angelo Banti.
Segretario: Dott. Riccardo Manzetti.
Cassiere: Ing. Comm. Oreste Lattes.
Consiglieri: Cav. Giovanni Dell'Oro — Ing. Giovanni Giorgi — Ing. Riccardo Salvadori — Prof. Alfonso Sella — Prof. F. Lori — Ing. Dottor Quirino Majorana-Calatabiano.

Napoli, *Galleria Umberto I.*

Presidente: Cav. Uff. Prof. Ing. F. P. Boubée
Vice-Presidente: Prof. Ing. Luigi Lombardi.
Segretario: Ing. Luigi De Biase
Cassiere: Ing. Giorgio De Cristoforo.
Consiglieri: Cav. Ing. Mario Bonghi — Ing. Umberto Cassito — Ing. Luigi De Biase — Prof. Ing. Raffaele Folinea.

Palermo, *Via Maqueda, 175.*

Presidente Cav. Prof. Stefano Pagliani.
Vice-Presidente: Cav. Ing. Emilio Piazzoli.
Segretario: Ing. Gaetano Buttafarri.
Cassiere: Ing. Francesco Agnello.
Consiglieri: Ing. Giuseppe Ottone — Ing. Giacinto Agnello — Ing. M. Fileti — Prof. O. M. Corbino.

Firenze, *Via dei Benci, 10.*

Presidente: Prof. A. Roiti.
Vice-Presidente: Prof. Eugenio Bazzi.
Segretario: Ing. Alberto Picchi.
Cassiere: Ing. Attilio Rampoldi
Consiglieri: Ing. Giorgio Santarelli — Ing. Giulio Martinez — Prof. Luigi Pasqualini — Ing. G. B. Folco.

Vol. VI. Ottobre-Dicembre 1902. Fasc. 5°-6°.

Pubblicazione bimensile *Conto Corrente colla Posta*

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE - TORINO

INDICE.

TORINO

TIP. LIT. CAMILLA E BERTOLERO DI N. BERTOLERO

1902.

Gli Autori delle Memorie ne riceveranno in dono 100 copie

ABBONAMENTO AL VOL. VI. L. 20

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Sede Centrale: Torino, Via Bogino, 9

CONSIGLIO CENTRALE A. E. I.

(Triennio 1900-1902)

Presidente:	Prof. GUIDO GRASSI
Vice-Presidenti:	Prof. MOISÈ ASCOLI
	Prof. GIUSEPPE COLOMBO
	Prof. STEFANO PAGLIANI
Segretario Generale:	Ing. RAFFAELE PINNA
Cassiere:	Ing. ALESSANDRO ARTOM

Consiglieri delegati dalle Sezioni:

Torino. — Prof. P. P. Morra — Dott. Alberto Sassernò — Ing. Enrico Segré — Ing. Ettore Thovez.

Milano. — Prof. Ugo Ancona — Prof. Riccardo Arnò — Ing. Giovanni Barberis — Ing. Carlo Barzanò — Ing. Palamede Guzzi — Dott. Franco Magrini.

Genova. — Ing. Gustavo Dossman — Dott. Max Thoma.

Bologna. — Ing. E. Cairo — Ing. Alfredo Donati.

Roma. — Ing. Ferruccio Celeri — Prof. C. Mengarini — Cav. G. Rodano.

Napoli. — Ing. Francesco Amicarelli — Prof. Ing. Gaetano Bruno.

Palermo. — Prof. Michele Cantone — Prof. Elia Ovazza.

Firenze. — Ing. Francesco Sizia — Prof. Guido Vimercati.

Presidenti antecedenti: Galileo Ferraris (dal 27 Dic. 1896 al 7 Febb. 1897)
On. Prof. Giuseppe Colombo (1897-99).

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE — TORINO

N. 41.

IL SISTEMA ASSOLUTO M. KG. S.

COMUNICAZIONE

dell'Ing. GIOVANNI GIORGI, *fatta alla Sezione di Roma nella Seduta del 2 maggio 1902.*

Nella lettura « Unità razionali di Elettromagnetismo », presentata all'Assemblea generale dell'Associazione nell'ottobre decorso (1), ho concluso col suggerimento che le unità pratiche, ora usate dagli elettrotecnici, si potrebbero senz'altro considerare di qui in poi come unità di un sistema assoluto, includendo il metro come unità di lunghezza e il chilogrammo come unità di massa.

Questo sistema assoluto, che ho indicato col nome di « sistema M. Kg. S. », soddisfa al desiderato teorico di non contenere l'irrazionale 4π, e di non essere piuttosto « elettrostatico » che « elettromagnetico »; e soddisfa al desiderato pratico di essere unicamente composto con unità tecniche, anzi con le stesse unità che sono in uso oggigiorno. Così, adottandolo, si avrebbe un unico sistema, teorico e pratico, tecnico e assoluto, una serie unica di unità, che servirebbe per ogni applicazione. Il lavoro tedioso e improficuo richiesto oggidì per lo studio dei sistemi di unità e per i calcoli di conversione delle misure, sarebbe quindi tutto risparmiato.

Per ottenere questo non sono necessarie innovazioni, almeno nell'uso tecnico.

(1) V. « Atti dell'A. E. I. », vol. V, fasc. 6.

Nell'uso teorico si tratta semplicemente di abbandonare i due sistemi C. G. S. insieme col 4 π delle formole. I tecnici non hanno bisogno di sanzionare nuove unità e nuovi sistemi: semplicemente dimenticare, per così dire, i sistemi teorici, che già conoscono; continuare nell'uso delle unità pratiche, *volt*, *watt*, *ampère*, ecc., ma però in modo sistematico, senza eccezioni, e quindi estendendolo, p. es., anche a certi calcoli di magnetismo, dove finora sono state usate di preferenza le unità C. G. S.

È una riforma questa che non esige quindi speciali convenzioni. Chiunque la trova giustificata, può da sè introdurla in uso, e l'esempio sarà allora facilmente seguito da altri, fino a divenire generale.

Appunto per facilitare questo passo e mostrare lo sviluppo pratico del sistema assoluto M. Kg. S. e le sue applicazioni, ho riunito ora in una serie di tabelle il prospetto delle unità del sistema e alcuni esempi di applicazione a misure e calcoli numerici.

∴

La prima tabella contiene le unità meccaniche, derivate dal metro, dal chilogrammo e dal secondo, con le loro denominazioni e dimensioni.

La seconda contiene le unità elettriche concrete, le quali, per la dualità del sistema, s'interpetrano anche come unità magnetiche allo stesso tempo. Così con 10 unità si esprimono le 20 quantità fondamentali della teoria elettromagnetica.

Per le dimensioni fisiche di queste unità occorre, oltre le L, M, T, un'altra dimensione fondamentale, da considerare come irreducibile. La scelta di questa, dal momento che è irreducibile, rimane naturalmente arbitraria. Riflessione fatta, non mi è sembrato conveniente scegliere λ, oppure κ, per non introdurre esponenti complicati e frazionari; ho scelto invece una grandezza concreta, anzi per simmetria non una sola, ma due, V ed A, che equivalgono beninteso a una sola, quando si tien conto che VA = *attività meccanica.*

In funzione di V ed A e dell'unità di tempo si esprimono direttamente le dimensioni di tutte le altre quantità elettromagnetiche concrete. Siccome in queste formole l'unità di lunghezza non figura esplicitamente, così abbiamo due conseguenze rimarchevoli: anzitutto le unità elettromagnetiche concrete rimangono indipendenti dalle così dette « determinazioni assolute »; inoltre possono coesistere con qualunque unità di lunghezza, p. es., con quelle inglesi.

Alle unità concrete seguono quelle specifiche. Queste non hanno si-

gnificazione dualistica; quindi una tabella contiene le unità specifiche elettriche, un'altra le unità specifiche magnetiche. Le une e le altre nel sistema assoluto M. Kg. S. si formano riferendo le unità tecniche concrete al metro, metro quadrato, metro cubo; ma si avrebbe sempre un sistema di relazioni assolute, se in luogo del metro si prendesse il millimetro, il kilometro, il piede, il pollice, ecc. Questo si può fare, se vuolsi, anche caso per caso, perchè nel nuovo sistema le unità specifiche sono tutte unità derivate.

A questo proposito, gli americani sono già stati indotti dalla pratica stessa a formare, almeno parzialmente, un sistema razionalizzato. È istruttivo vedere come trattano le unità magnetiche diversamente da noi. Per es., misurano la forza magnetica in « *amp.-turns per inch* » o in « *amp.-turns per cm* » rispettivamente; la induttività dell'etere per loro è espressa da $\frac{4\pi}{10}$ nel sistema metrico, e da un altro numero in quello inglese; ammettendo così di fatto il principio che non le unità concrete, ma quelle specifiche devano dipendere dall'unità di lunghezza.

Una questione che non ha che vedere propriamente con quella delle unità, ma si presenta spesso insieme, è quella dei simboli. Sull'importanza pratica di una scelta ragionata e di una consuetudine uniforme nell'uso dei simboli, è inutile insistere. Ora, nel sistema razionalizzato, alcuni simboli devono essere coordinati alle nuove definizioni, altri modificati, per evitare confusione con quelli usati in altro significato.

Mi sono fermato quindi sulla questione dei simboli. Dall'esperienza dei diversi autori, da Maxwell in poi, che hanno discusso la questione, e dall'uso più invalso ora in pratica, mi sembra che si potrebbero ricavare le norme seguenti.

I vettori sono da indicare in generale mediante lettere maiuscole, da scrivere con carattere marcato o gotico se in significato vettoriale, e in carattere ordinario se in significato scalare; le loro componenti secondo una direzione qualunque, mediante l'aggiunta di un indice, e in particolare le componenti cartesiane (1) con gli indici x, y, z;

(1) Il metodo antico di Maxwell e Boltzmann, di indicare tutte le componenti con lettere diverse è riuscito praticamente troppo complicato; non solo le lettere dell'alfabeto sono insufficienti così, ma lo sforzo della memoria è quadruplicato senza vantaggio.

così, per esempio, abbiamo la forza elettrica E, e le sue componenti E_x, E_y, E_z. Questi vettori sono sempre quantità specifiche, e ognuno di essi è associato con una quantità concreta, che si può indicare con la lettera minuscola corrispondente; p. es., la forza elettromotrice con e, e così via. Quelle unità specifiche poi che si definiscono come coefficienti, e sono essenzialmente scalari, come la densità, la resistività, ecc., conviene denotarle con lettere greche, possibilmente corrispondenti ai simboli latini delle quantità scalari corrispondenti.

Così, la corrispondenza fra i simboli richiama alla mente le relazioni principali fra le grandezze fisiche, evitando anche un lavoro di memoria non indifferente.

Seguendo questi criteri, ho cercato di formare una lista completa di simboli per tutte le grandezze fisiche enumerate nelle tabelle; e ho aggiunto in una colonna questi simboli, che sono coordinati fra loro, e col sistema razionalizzato delle unità. Mi sono attenuto, quanto possibile, ai simboli finora più in uso, salvo per quelle grandezze che vengono alterate dalla soppressione del 4π, e per le quali ho scelto intenzionalmente simboli nuovi.

Senza dubbio, una certa uniformità nell'uso dei simboli da parte di tutti gli scrittori non potrà che giovare alla semplicità ed alla chiarezza.

Perchè il lettore possa abituarsi, come io suggerisco, all'uso esclusivo del sistema assoluto M. Kg. S. senza trovare difficoltà quando incontri misure espresse negli antichi sistemi, basta che possa tradurre queste ultime nel nuovo sistema. Per questo ho riunito in una tabella le formole di conversione delle misure C. G. S. elettrostatiche ed elettromagnetiche in misure del sistema M. Kg. S.

I simboli in parentesi rotonde e quadre denotano rispettivamente le grandezze espresse nei due sistemi C. G. S., e sostituendo le loro espressioni si convertono le formole in formole del nuovo sistema.

Fra le unità del sistema M. Kg. S., le sole non ancora comuni nell'uso, sarebbero quelle di forza magnetica, induzione magnetica, induttività magnetica. Nelle tabelle intitolate « Esempi sull'uso delle unità » ho mostrato come le medesime si applicherebbero alla misura di grandezze usuali, e fatto il confronto con l'uso delle unità C. G. S. elettromagnetiche.

Le costanti delle sostanze ferromagnetiche sono date in funzione della permeabilità, μ, la quale, essendo un rapporto puro, conserva lo stesso valore in tutti i sistemi.

Si rilevi, nel nuovo sistema, la differenza fra *forze* e *induzioni* magnetiche, le quali, anche nell'aria o etere libero, non si confondono più fra loro.

***

Le ultime sette tabelle contengono altrettanti calcoli pratici dimostrativi, eseguiti da una parte nel sistema assoluto M. Kg. S., dall'altra secondo si fa ora più comunemente.

Richiamo l'attenzione del lettore su questi esempi, i quali, più di ogni teoria, gli dimostreranno le differenze fra il sistema nuovo e gli antichi, specialmente dal punto di vista dell'applicazione pratica.

Il calcolo più istruttivo fra gli altri è quello della capacità della terra, in microfarad. I sistemi ordinari non dànno un metodo diretto per questo calcolo, e obbligano a passare da unità elettrostatiche ad unità elettromagnetiche C. G. S. e da queste alle unità pratiche; dubito se sia possibile richiamare sempre a memoria, e senza errore, i coefficienti che occorrono per questi passaggi. Nel sistema nuovo, che non è nè elettrostatico, nè elettromagnetico, invece, i dati sono sempre misure assolute, e una formola sola dà il risultato.

Questi esempi sono stati scelti casualmente fra i più ovvii, e si potrebbero moltiplicare senza limite, sempre con lo stesso risultato. Ma credo che quanto ho addotto sia sufficiente a convincere il lettore come il sistema assoluto M. Kg. S. sia veramente libero dalle complicazioni e dagli inconvenienti finora lamentati in tutti gli altri sistemi. E se verrà adottato come sistema unico, la questione delle unità elettriche, per molto tempo almeno, non dovrà tornare in discussione.

PARTE I.

UNITÀ DEL SISTEMA ASSOLUTO M. KG. S.

Unità meccaniche.

Quantità	Simboli e formole	Dimensioni	Unità di misura
Lunghezza	s, l	L	metro
Area	$S = s^2$	L^2	metro^2
Volume	$\varpi = s^3$	L^3	metro^3
Tempo	t	T	secondo
Velocità	$V = \frac{ds}{dt}$	LT^{-1}	metro/secondo
Accelerazione . . .	$J = \frac{dV}{dt}$	LT^{-2}	metro/secondo^2
Massa	m	M	kg
Massa specifica . .	$\mu = \frac{m}{\varpi}$	ML^{-3}	kg/metro^3
Forza meccanica . .	$H = mJ$	MLT^{-2}	kg × metro/secondo^2 (equivale al peso di 1 kg di massa, in un luogo in cui la gravità sia = 1)
Momento di coppia .	$T = Hs$	ML^2T^{-2}	joule
Momento d'inerzia .	$i = ms^2$	ML^2	kg × m^2
Quantità di moto .	$P = mV$	MLT^{-1}	kg × metro/secondo
Energia	$u = Hs$	ML^2T^{-2}	joule
Energia per unità di area	$U = \frac{u}{S}$	MT^{-2}	joule/m^2
Energia per unità di volume	$\eta = \frac{u}{\varpi}$	$ML^{-1}T^{-2}$	joule/m^3
Potenza (attività) .	$w = \frac{du}{dt}$	ML^2T^{-3}	watt
Potenza per unità di area (flusso di Poynting)	$W = \frac{w}{S}$	MT^{-3}	watt/m^2
Potenza per unità di volume	$\mathfrak{S}_{,\varpi} = \frac{w}{\varpi}$	$ML^{-1}T^{-3}$	watt/m^3

Unità elettro-magnetiche concrete (1).

Quantità elettriche	Simboli	Unità e dimensioni	Simboli	Quantità magnetiche
Corrente elettrica	i	ampère A	f	Forza m. m.
Forza e. m. . .	e	volt V	g, v	Corrente magnetica
Quantità d'elettricità (o flusso elettrico) . .	$q = i t$	coulomb A T	$q = f t$	Impulsione m. m.
Impulsione e. m.	$b = e t$	weber V T	$b = \Phi = v t$	Quantità di magnetismo (o flusso magnetico)
Conduttanza elettrica . . .	$G = \frac{i}{e}$	mho $A V^{-1}$	$X = \frac{f}{v}$	Resistenza magnetica
Resistenza elettrica . . .	$R = \frac{e}{i}$	ohm $V A^{-1}$	$Z = \frac{v}{f}$	Conduttanza magnetica
Induttanza elettrostatica . .	$K = \frac{q}{e}$	farad $A T V^{-1}$	$K = \frac{q}{v}$	Inerzia magnetocinetica
Reluttanza elettrostatica . .	$K^{-1} = \frac{e}{q}$	farad^{-1} $A^{-1} T^{-1} V$	$K^{-1} = \frac{g}{q}$	Mobilità magnetocinetica
Inerzia elettrocinetica . . .	$L = \frac{b}{i}$	henry $V T A^{-1}$	$L = \frac{b}{f}$	Induttanza magnetostatica
Mobilità elettrocinetica . .	$L^{-1} = \frac{i}{b}$	henry^{-1} $V^{-1} T^{-1} A$	$L^{-1} = \frac{f}{b}$	Reluttanza magnetostatica

(1) Per le quantità elettromagnetiche, occorrono quattro dimensioni fondamentali, cioè L, M, T e inoltre una qualunque elettromagnetica. In questo prospetto, le dimensioni, per simmetria, sono date in funzione di V e A, ma basta una sola di queste due, perchè $VA = ML^2 T^{-3}$.

Unità elettriche specifiche.

Quantità	Simboli e formole	Dimensioni	Unità
Densità di corrente elettrica (corrente per unità di area)	$I = \frac{i}{S}$	$A L^{-2}$	ampère/m²
Induzione elettrica (flusso elettrico per unità di area; carica elettrica superficiale)	$Q = \frac{q}{S}$	$A L^{-2} T$	coulomb/m²
Forza elettrica (f. e. m. per unità di lunghezza) . . .	$E = \frac{e}{s}$	$V L^{-1}$	volt/m
Conduttività elettrica (conduttanza specifica)	$\gamma = G \frac{s}{S}$	$A L^{-1} V^{-1}$	mho/m
Resistività elettrica (resistenza specifica)	$\rho = R \frac{S}{s}$	$V L A^{-1}$	ohm × m
Induttività elettrica (induttanza specifica)	$\varkappa = K \frac{s}{S}$	$A L^{-1} T V^{-1}$	farad/m
Reluttività elettrica (reluttanza specifica)	$\varkappa^{-1} = K^{-1} \frac{S}{s}$	$A^{-1} L T^{-1} V$	farad⁻¹ × m

Unità magnetiche specifiche.

Quantità	Simboli e formole	Dimensioni	Unità
Densità di corrente magnetica (corrente per unità di area) . . .	$V = \frac{v}{S}$	$V L^{-2}$	volt/m² $= 10^4$ unità C. G. S. elettromagnetiche
Induzione magnetica (flusso per unità di area; carica magnetica superficiale) . .	$B = \frac{b}{S}$	$V L^{-2} T$	weber/m² $= 10^4$ unità C. G. S. elettromagnetiche
Forza magnetica (f. m. m. per unità di lunghezza)	$F = \frac{f}{s}$	$A L^{-1}$	volt/m $= 4\pi 10^{-3}$ unità C. G. S. elettromagnetiche
Conduttività magnetica (conduttanza specifica)	$\zeta = Z \frac{s}{S}$	$V L^{-1} A^{-1}$	ohm/m
Resistività magnetica (resistenza specifica) . . .	$\xi = X \frac{S}{s}$	$A L V^{-1}$	mho $\times$ m
Induttività magnetica (induttanza specifica) . . .	$\lambda = L \frac{s}{S}$	$V L^{-1} T A^{-1}$	henry/m $= \frac{1}{4\pi} 10^7$ unità C. G. S. elettromagnetiche
Reluttività magnetica (reluttanza specifica) . . .	$\lambda^{-1} = L^{-1} \frac{S}{s}$	$V^{-1} L T^{-1} A$	henry$^{-1} \times$ m $= 4\pi 10^{-7}$ unità C. G. S. elettromagnetiche

PARTE II. — RIDUZIONE DAI SISTEMI C. G. S. AL NUOVO SISTEMA.

Trasformazione delle misure C. G. S. in misure espresse nel nuovo sistema.

Misure C. G. S. elettrostatiche	Misure C. G. S. elettromagnetiche
Quantità d'elettricità.	
$(q) = 3 \times 10^9 q$	$[q] = \frac{q}{10}$
Corrente elettrica.	
$(i) = 3 \times 10^9 i$	$[i] = \frac{i}{10}$
Forza elettromotrice.	
$(e) = \frac{e}{3 \times 10^2}$	$[e] = 10^8 e$
Flusso magnetico.	
$(\phi) = \frac{\phi}{3 \times 10^2}$	$[\phi] = 10^8 \phi$
Forza magnetomotrice.	
$(h) = 12 \times 10^9 \pi f$	$[h] = \frac{4\pi}{10} f$
Resistenza elettrica.	
$(R) = \frac{R}{9 \times 10^{11}}$	$[R] = 10^9 R$
Selfinduzione elettrica.	
$(L) = \frac{L}{9 \times 10^{11}}$	$[L] = 10^9 L$

Misure C. G. S. elettrostatiche	Misure C. G. S. elettromagnetiche

Induttanza magnetica.

$(M) = \frac{L}{36 \times 10^{11} \pi}$	$[M] = \frac{10^9}{4 \pi} L$

Induttanza elettrostatica (capacità).

$(K) = 9 \times 10^{11} K$	$[K] = \frac{K}{10^9}$

Spostamento elettrico (specifico).

$(Q) = 3 \times 10^5 Q$	$[Q] = \frac{Q}{10^5}$

Forza elettrica.

$(E) = \frac{E}{3 \times 10^4}$	$[E] = 10^6 E$

Resistività elettrica.

$(\rho) = \frac{\rho}{9 \times 10^9}$	$[\rho] = 10^{11} \rho$

Induttività elettrica.

$(\varkappa) = \frac{\varkappa}{\varkappa_0}$	$[\varkappa] = \frac{1}{9 \times 10^{20}} \frac{\varkappa}{\varkappa_0}$

Induzione magnetica.

$(B) = \frac{B}{3 \times 10^6}$	$[B] = 10^4 B$

Forza magnetica.

$(H) = 12 \times 10^7 \pi F$	$[H] = \frac{4 \pi}{10^3} F$

Permeabilità e induttività magnetica.

$(\mu) = \frac{1}{9 \times 10^{20}} \frac{\lambda}{\lambda_0}$	$[\mu] = \frac{\lambda}{\lambda_0}$

Energia.

$(u) = 10^7 u$	$[u] = 10^7 u$

PARTE III. — ESEMPI SULL'USO DELLE UNITÀ.

Permeabilità ed induttività magnetiche.

Unità di induttività $= \frac{\text{henry}}{\text{metro}}$;

λ = induttività di un mezzo;

λ_0 = induttività dell'etere libero = 0,000 001 256 637 (ovvero 1,257 microhenry per metro);

Permeabilità, da misurare come numero puro:

$$\mu = \frac{\lambda}{\lambda_0};$$

in tal guisa la denominazione di permeabilità e il simbolo μ rimangono nel loro attuale significato.

SOSTANZE FERROMAGNETICHE.

Permeabilità	Induttività
$\mu = 500$	$\lambda = 0{,}000\ 628$
$\mu = 1000$	$\lambda = 0{,}001\ 257$
$\mu = 1500$	$\lambda = 0{,}001\ 885$
$\mu = 2000$	$\lambda = 0{,}002\ 514$
$\mu = 2500$	$\lambda = 0{,}003\ 142$
$\mu = 3000$	$\lambda = 0{,}003\ 770$

Reluttività magnetiche.

Unità di reluttività $= \frac{\text{metro}}{\text{henry}}$;

Reluttività $= \frac{1}{\text{induttività}} = \lambda^{-1}$.

ETERE LIBERO.

$\lambda_0^{-1} = 795\,775.$

SOSTANZE FERROMAGNETICHE.

Permeabilità	Reluttività
$\mu = 1000$	$\lambda^{-1} = 796$
$\mu = 2000$	$\lambda^{-1} = 398$
$\mu = 3000$	$\lambda^{-1} = 265$

Fisicamente la reluttività è definita come la reluttanza dell'unità cubica di volume, ovvero come il doppio dell'energia di magnetizzazione di un metro cubo del mezzo, sottoposto all'unità di f. m. m.

Flussi magnetici.

$[\Phi] = 10^8\,\Phi$	$\Phi = \frac{[\Phi]}{10^8}$
Misura in unità C. G. S.	Misura in *weber*

DINAMO.

a) Flussi computati nel circuito magnetico:

$[\Phi] = 1\,000\,000$ fino a $280\,000\,000$ | $\Phi = 0{,}01$ fino a $2{,}8$

b) Detti, computati rispetto al filo d'avvolgimento, cioè come impulsioni elettromotrici, $\phi = n\,\Phi$:

$[\phi] = 120 \times 10^7$ fino a 185×10^7 | $\phi = 12$ fino a $18{,}5$

NB. — L'unità *weber* per i flussi magnetici è stata fin dal 1900 sanzionata dall'Associazione Britannica, e oggidì si trova già adottata da molti pratici.

Induzioni magnetiche.

$[B] = 10^4 B$	$B = \frac{[B]}{10^4}$
Misura in unità C. G. S.	Misura in *weber per* m^2

Dinamo.

$[B] = 5000$ fino a $12\,000$	$B = 0,5$ fino a $1,2$

Esperimenti di Ewing.

$[B] = 30\,000$ fino a $50\,000$	$B = 3$ fino a 5

Forze magnetiche.

$[H] = \frac{4\pi}{10^3} F = \frac{F}{79,6}$	$F = \frac{10^3}{4\pi} [H] = 79,6 [H]$
Misura in unità C. G. S.	Misura in ampère per metro

Campo terrestre.

$[H] = 0,20$	$F = 16$

Dinamo (Nuclei).

$[H] = 3,2$ fino a $11,7$	$F = 260$ fino a 940

Trasformatori.

$[H] = 1,90$ fino a $2,70$	$F = 95$ fino a 215

NB. — In America i pratici hanno già adottato un'unità razionalizzata, il *gilbert*, ovvero *amp. cm*, cioè $= \frac{1}{100}$ dell'unità qui proposta.

PARTE IV. — ESEMPI DI CALCOLI PRATICI.

Calcolo della f. e. m. di una dinamo.

N = giri al secondo
n = spire in serie
$[\Phi]$ = flusso in C. G. S.
e = f. e. m. in volt

$$e = \frac{N n [\Phi]}{10^8}$$

N = giri al secondo
n = spire in serie
Φ = flusso in weber
e = f. e. m. in volt

$$e = N n \Phi$$

Esempio (da una dinamo di 600 kw).

dato:

$N = 4$ giri al secondo
$n = 70$ spire
$[\Phi] = 200\,000\,000$ C. G. S.

si ricava:

$$e = \frac{4 \times 70 \times 200\,000\,000}{10^8} = $$
$$= 560 \text{ volt}$$

dato:

$N = 4$ giri al secondo
$n = 70$ spire
$\Phi = 2$ weber

si ricava:

$$e = 4 \times 70 \times 2 =$$
$$= 560 \text{ volt}$$

Calcolo del momento di rotazione (Torque) di un motore.

i = corrente in ampère
n = numero di spire in serie
$[\Phi]$ = flusso in unità C. G. S.
$[T]$ = Momento in kgm

$$[T] = \frac{1}{2\pi g} \frac{n i}{10^8} [\Phi]$$

i = corrente in ampère
n = numero di spire in serie
Φ = flusso in weber
T = Momento in joule

$$T = \frac{n i}{2\pi} \Phi$$

Esempio (da S. P. Thompson) — Motore Edison - Hopkinson.

dato:

$i = 326$ ampère
$n = 80$ spire
$[\Phi] = 10\,000\,000$ unità C. G. S.

si ricava:

$$[T] = \frac{1}{2 \times 3{,}14 \times 9{,}81} \frac{326 \times 10\,000\,000}{10^8}$$
$$= 42{,}5 \text{ kgm}$$

dato:

$i = 326$ ampère
$n = 80$ spire
$\Phi = 0{,}1$ weber

si ricava:

$$T = \frac{326 \times 80 \times 0{,}1}{2 \times 3{,}14} =$$
$$= 416 \text{ joule}$$

Calcolo dello sforzo meccanico su un conduttore di una dinamo.

i = corrente in ampère
$[l]$ = lunghezza in cm
$[B]$ = induzione in C. G. S.
$[f]$ = sforzo periferico in kg

$$[f] = \frac{i\,l\,B}{9.81 \times 10^6}$$

i = corrente in ampère
l = lunghezza in metri
B = induzione in weber/m²
f = sforzo periferico in misura assoluta

$$f = i\,l\,B$$

Esempio pratico.

dato:

$i = 15$ ampère
$[l] = 50$ cm
$[B] = 8000$ C. G. S.

si ricava:

$$f = \frac{15 \times 50 \times 8000}{9{,}81 \times 10{,}6} = $$
$$= 0{,}61 \text{ kg}$$

dato:

$i = 15$ ampère
$l = 0{,}5$ m
$B = 0{,}8$ weber

si ricava:

$$f = 15 \times 0{,}05 \times 0{,}08$$
$$= 6 \text{ unità assolute M. Kg. S.}$$

Formole pel lavoro di magnetizzazione.

$[\Phi]$ = flusso in C. G. S.
$[f]$ = f. m. m. in C. G. S.
u = lavoro in joule

$$u = \frac{10^9}{4\pi} \int [f]\, d[\Phi]$$

ovvero dato:

M = permeanza del circuito magnetico

$$u = \frac{10^9}{8\pi} [\Phi]^2\, M$$

Φ = flusso magnetico in weber
f = forza magnetomotrice in ampère
u = lavoro in joule

$$u = \int f\, d\varphi$$

ovvero dato:

L = induttanza del circuito magnetico in henry

$$u = \frac{\Phi^2}{2} L$$

Lavoro d'isteresi (secondo Steimmetz).

$[\eta]$ = energia dissipata per cm³ e per ciclo
$[B]$ = induzione massima, in C. G. S.

$$[\eta] = 4 \times 10^{-10} [B]^{1,6}$$

η = energia dissipata in joule, per metro cubo e per ciclo
B = induzione massima, in weber/m²

$$\eta = 0{,}16\, B^{1,6}$$

Calcolo della reattanza di un condensatore.

Superficie del condensatore:

$$|S| = 600000 \text{ cm}^2$$

Spessore del dielettrico (mica):

$$|s| = 0{,}1 \text{ cm}$$

Potere dielettrico della mica in misura elettrostatica:

$$\varkappa = 5.$$

Capacità del condensatore, in misura elettrostatica C. G. S.:

$$(K) = \frac{(\varkappa)}{4\pi} \frac{|S|}{|s|} = 2\,400\,000.$$

Rapporto fra misure elettrostatiche ed elettromagnetiche:

$$v^2 = 9 \times 10^{20}.$$

Capacità del condensatore, in misura elettromagnetica C. G. S.:

$$[K] = \frac{(K)}{v^2} = 27 \times 10^{-16}.$$

Frequenza della corrente:

$$\omega = 500.$$

Reattanza in misura elettromagnetica C. G. S.;

$$|R| = \frac{1}{\omega |K|} = 74 \times 10^{10}.$$

Rapporto fra misura C. G. S. e misura pratica:

$$\varepsilon = 10^9.$$

Reattanza in misura pratica:

$$R = \frac{|R|}{\varepsilon} = 740 \text{ ohm}$$

Superficie del condensatore:

$$S = 60 \text{ m}^2$$

Spessore del dielettrico (mica):

$$s = 0{,}001 \text{ m}$$

Induttività elettrostatica della mica:

$$\varkappa = 0{,}000\,000\,000\,044 \text{ farad/m}$$

Capacità del condensatore:

$$K = \varkappa \frac{S}{s} = 0{,}000\,002\,7 \text{ farad}$$

Frequenza della corrente:

$$\omega = 500.$$

Reattanza:

$$R = \frac{1}{\omega K} = 740 \text{ ohm}$$

Calcolo della reattanza di una spira di filo
avvolto attorno a un nucleo magnetico chiuso, di ferro.

Sezione del nucleo:

$$[S] = 200 \text{ cm}^2$$

Sviluppo dell'asse:

$$[s] = 30 \text{ cm}$$

Permeabilità del ferro:

$$\mu = 1860.$$

Permeanza del nucleo:

$$[M] = \mu \frac{[S]}{[s]} = 12\,400.$$

Induttanza del filo, in misura elettromagnetica C. G. S.:

$$[L] = 4\pi [M] = 16 \times 10^4.$$

Frequenza:

$$\omega = 550.$$

Reattanza in misura elettromagnetica C. G. S.:

$$[R] = \omega [L] = 83 \times 10^6.$$

Rapporto fra misura C. G. S. e misura pratica:

$$\varepsilon = 10^9.$$

Reattanza in misura pratica:

$$R = \frac{[R]}{\varepsilon} = 0{,}088 \text{ ohm}$$

Sezione del nucleo:

$$S = 0{,}02 \text{ m}^2$$

Sviluppo dell'asse:

$$s = 0{,}3 \text{ m}$$

Induttività magnetica del nucleo:

$$\lambda = 0{,}002\,3 \text{ henry/metro.}$$

Induttanza, tanto del nucleo, quanto del filo:

$$L = \lambda \frac{S}{s} = 0{,}000\,16 \text{ henry}$$

Frequenza:

$$\omega = 550.$$

Reattanza:

$$R = \omega L = 0{,}088 \text{ ohm}$$

Calcolo della capacità della terra.

Raggio della terra:

$$r = 600\ 000\ 000 \text{ cm}$$

Induttività dell'etere:

$$(\varkappa) = 1, \text{(misura elettrostatica)}.$$

Capacità della terra in misura elettrostatica:

$$(K) = \frac{r}{\varkappa} = 6 \times 10^8.$$

Coefficiente di trasformazione da misure elettrostatiche a elettromagnetiche:

$$v^2 = 9 \times 10^{20}.$$

Capacità della terra in misura elettromagnetica C. G. S.:

$$[K] = \frac{(K)}{v^2} = \frac{6}{9} 10^{-12}.$$

Rapporto fra misura C. G. S. e misura pratica:

$$\varepsilon = 10^9.$$

Capacità della terra in misura pratica:

$$K = \varepsilon [K] = \frac{6}{9} 10^{-12} =$$

$= 0{,}000\ 666$ farad

$= 666$ microfarad.

Raggio della terra:

$$r = 6\ 000\ 000 \text{ metri.}$$

Induttività elettrica dell'etere:

$\varkappa_0 = 0{,}000\ 009$ microfarad per metro.

Capacità della terra:

$$K = 4\pi \varkappa_0 r = 666 \text{ microfarad}$$

N. 42.

VERBALE

della Seduta 30 ottobre 1902

DELLA

COMMISSIONE GENERALE PEL REGOLAMENTO SULLE NORME DI SICUREZZA NEGLI IMPIANTI ELETTRICI.

In Torino, Sede dell'A. E. I. Sezione di Torino:

Sono presenti: Grassi, Semenza, Thoma, Chiesa, Donati, Lanino, Prat, Pontiggia, Santarelli, Panzarasa, Colombo, Silvano.

Scusano l'assenza: Barberis, Danioni, Magrini, Simonetti, Lattes, Mengarini, Piazzoli.

Presidente Grassi, funge da Segretario Silvano.

Grassi. — Riassume brevemente lo stato della questione, ed invita i Colleghi delle varie Sezioni a riferire.

Prat (*Torino*). — Spiega il concetto della Commissione di Torino, che, dopo aver esaminato il primitivo progetto di Regolamento, lo ha ridotto ad un numero minore di articoli d'indole generale, esponendo in una premessa al nuovo Regolamento le ragioni del suo operato.

Semenza (*Milano*). — La Commissione di Milano ha deciso di abbandonare il progetto dell'Associazione, e presenta la proposta di limitare il Regolamento a quelle parti degli impianti che vengono a contatto del pubblico, nel senso di escludere le centrali.

Thoma (*Genova*). — Conferma l'opinione Semenza.

Santarelli (*Firenze*). — Anche a nome della Sezione di Roma propone di discutere le norme fondamentali del Regolamento, tenendo conto di quelle adottate dal Ministero di P. I.

Lanino (*Bologna*). — Esprime il parere che il Regolamento sia il più lato possibile, abbandonando anche le stazioni centrali.

Grassi. — Indice la discussione sulla proposta Semenza.

Semenza. — Sviluppa l'idea della proposta.

Pontiggia (*Milano*). — Ritiene necessario che qualche norma si dia anche per le industrie chiuse. Ed in ogni caso devasi stabilire che il Regolamento sarà abrogabile e passibile di modificazioni.

Chiesa. — Crede inutile occuparsi delle stazioni centrali in cui c'è un direttore responsabile.

Santarelli. — È di parere opposto a Chiesa, e cita esempi di impianti ad alta tensione eseguiti senza alcun riguardo alla sicurezza, perchè non è prescritto l'intervento di una persona competente.

Per non inceppare l'industria si potrebbe nominare una Commissione permanente per le modificazioni al Regolamento in relazione colle nuove invenzioni.

Lanino. — Conferma la sua opinione che convenga limitarsi alle parti esterne degli impianti.

Pontiggia. — Crede meglio prevenire il Governo che intenderà regolamentare l'industria elettrica come le altre, occupandosi di tutti gli elementi dell'impianto, con maggiore sviluppo per le prescrizioni relative alle parti esterne.

Panzarasa. — Corregge in parte il concetto della Sezione di Milano, nel senso esposto da Pontiggia.

Semenza. — Sostiene la sua proposta.

Panzarasa. — Replica.

Colombo (*Roma*). — Dice che la Sezione di Roma adotta il concetto esposto della Sezione di Milano nel senso sostenuto da Semenza.

Grassi. — Dà spiegazioni a Colombo, il quale conferma quanto ha espresso.

Panzarasa. — Mantiene la sua opinione, che esprime in un Ordine del giorno.

Santarelli. — Propone di votare la questione di massima.

Lanino. — Ammette che si accenni alle stazioni centrali se si può rimanere molto nel vago.

Grassi. — Ritiene pericoloso escludere affatto le centrali, perchè il Governo completerebbe il Regolamento a danno di tutti.

Donati. — Propone di fare subito il Regolamento per l'esterno, e di rimettere quello delle stazioni centrali a miglior esame delle Sezioni.

Grassi. — Teme che una sospensiva mandi troppo alle lunghe il lavoro.

Panzarasa. — Approva il concetto Grassi.

Semenza. — Fa proposta che si deliberi di fare quella parte che riguarda l'esterno, e di studiare l'altra, riservando di pubblicarla o meno secondo l'esito degli studi.

Panzarasa, Donati, Grassi, Lanino, dànno schiarimenti a conferma delle opinioni esposte.

Chiesa. — Chiede che si tengano presenti i tre motivi accennati dalla Sezione di Torino.

Prat. — Aggiunge che anche per gli impianti esterni si elimini tutto quanto non è ancora bene assodato.

Si mette in votazione il seguente Ordine del giorno di Panzarasa ed altri:

« *L'Assemblea dei Delegati dell'A. E. I. per la compilazione delle norme di sicurezza per gli impianti elettrici*

DELIBERA

che esse siano compilate in modo breve e generale, con maggior sviluppo per quanto riguarda le condutture e le parti d'impianto usualmente accessibili al pubblico, ed invece con brevi cenni per tutte le parti normalmente sottratte all'accesso del pubblico, tenendo presente che esse non rechino ostacolo al libero sviluppo dell'industria elettrotecnica ».

È approvato all'unanimità.

Panzarasa. — Propone che si deleghi una Sotto-Commissione per compilare separatamente i punti di massima, e mandarli alla Commissione.

Colombo. — Legge un Ordine del giorno della Sezione di Roma che si riferisce al Regolamento dei Musei.

Grassi, *Presidente.* — Tenuto conto che nella nomina della Sotto-Commissione è necessario tener presente la facilità di riunirsi in Milano, la compone come segue:

Panzarasa, Semenza, Pasqualini, Colombo, Lanino.

Coll'incarico di riferire il più presto possibile alla Commissione generale.

La seduta è sciolta.

Torino, 30 ottobre 1902.

Ing. EMILIO SILVANO.

REGOLAMENTO

redatto dalla Commissione di Torino.

La Commissione della Sezione di Torino:

Considerato che non è possibile su alcuni argomenti delle applicazioni dell'Elettrotecnica stabilire norme assolute e tassative;

Convinta dell'importanza che un Regolamento particolareggiato e rigoroso, redatto dall'Associazione Elettrotecnica Italiana, potrebbe assumere in alcune questioni di indole giuridica ed in quelle aventi rapporto coll'autorità fiscale;

Ritiene che il Regolamento che essa è chiamata a compilare deve contenere semplici e poche norme di carattere assolutamente generale.

Perciò la Commissione ha creduto di eliminare dal progetto di « norme di sicurezza », presentato dall'Associazione tutte le prescrizioni aventi carattere restrittivo e rinunziare a trattare quegli argomenti non ancora sanzionati dalla pratica in modo definitivo.

Le norme qui esposte riguardano solamente le correnti industriali, e non quelle per telegrafia, telefonia, segnalazioni, elettroterapia, ecc.

Tali norme sono intese a prevenire i danni alle persone ed i pericoli di incendio in generale.

Le tensioni vengono distinte in due classi:

Bassa tensione sino a 600 volt, per correnti continue ed alternate;

Alta tensione oltre 600 volt.

Generatori e Motori.

Art. 1. — Le dinamo, i motori ed i convertitori devono essere installati in luoghi ove non si trovino nè si possano sviluppare materie facilmente infiammabili.

Art. 2. — Dinamo, motori e convertitori debbono avere l'incastellatura bene isolata, oppure posta a terra in modo sicuro.

Art. 3. — Nel primo caso, con incastellatura isolata, le macchine debbono essere circondate da un passaggio di servizio isolato, e la disposizione dell'insieme deve essere tale che non si possa contemporaneamente toccare una parte della macchina e un corpo non isolato.

Art. 4. — Nel caso di incastellatura posta a terra, le parti percorse da corrente, e accessibili durante il funzionamento, debbono essere protette con ripari posti a terra.

Quadri di distribuzione.

Art. 5. — I quadri debbono essere costruiti con materie incombustibili.

Art. 6. — Se l'officina generatrice è comune a sistemi di alta e bassa tensione, i due sistemi prenderanno posto su due sezioni separate e se ciò non fosse possibile, il quadro dovrà essere disposto come se fosse ad alta tensione.

Art. 7. — Per la manovra ed ispezione degli apparecchi ad alta tensione vi sarà un comodo passaggio di servizio.

Art. 8. — Per i quadri accessibili nella parte posteriore, lo spazio dietro il quadro deve essere tale che le persone vi possano accedere con sicurezza, pure osservando le necessarie norme della prudenza.

Art. 9. — È opportuno contrassegnare l'alta tensione con segni convenzionali.

Interruttori. — Commutatori ed Apparecchi.

Art. 10. — Gli apparecchi e le loro connessioni non devono riscaldarsi per il passaggio della corrente in modo che la loro temperatura non permetta di tenervi la mano.

Si fa eccezione per i reostati e per le resistenze, purchè situati in modo da non poter danneggiare gli oggetti vicini.

Non devono permettere la formazione di archi durevoli.

Devono essere montati su basi incombustibili.

Valvole.

Art. 11. — Le valvole saranno installate ad evitare l'eccessivo riscaldamento delle condutture e degli apparecchi per effetto della corrente.

Art. 12. — Le valvole devono essere progettate a seconda della capacità delle linee e degli apparecchi che esse devono proteggere, e devono fondere con una corrente doppia della normale.

Art. 13. — Le costanti di tali apparecchi devono essere chiaramente indicate sugli apparecchi stessi.

Art. 14. — Le valvole debbono essere disposte in modo che la fusione del filo non determini corti circuiti e non dia luogo a proiezioni pericolose.

Art. 15. — Tutte le valvole dovranno essere collocate in modo da potersi sostituire facilmente e senza pericolo anche durante il servizio, ed all'uopo si cercherà di disporre gli interruttori in modo che, aperti, sia alla valvola intercettata la corrente.

Trasformatori.

Art. 16. — Le norme date per i generatori e motori si applicano anche ai trasformatori.

Art. 17. — Se i trasformatori sono dentro custodie metalliche (chioschi, torri, ecc.), queste devono essere messe a terra.

Art. 18. — Gli avvolgimenti ad alta tensione devono poter sopportare per un'ora rispetto alla terra ed agli avvolgimenti secondari una tensione doppia della normale.

Accumulatori.

Art. 19. — Nei locali dove sono installati degli accumulatori non si impiegherà altra illuminazione che quella con lampade chiuse ad incandescenza, e non si dovranno introdurre corpi accesi.

Art. 20. — I locali dovranno essere costantemente aerati.

Art. 21. — I singoli elementi devono essere isolati dallo scaffale, e lo scaffale dalla terra, con vetro, porcellana ed altre materie non igroscopiche.

Art. 22. — Le batterie ad alta tensione devono essere contornate da un passaggio di servizio isolato.

Le batterie a bassa tensione, che servono ad eccitare le macchine ad alta tensione, sono sottoposte a queste regole, quando l'incastellatura delle relative macchine non sia posta a terra.

Condutture aeree esterne.

Art. 23. — Per l'altezza dei conduttori dal suolo negli attraversamenti di strade, o aree pubbliche, o ferrovie, per le distanze dei conduttori dai fabbricati, alberi, ecc., si osserveranno le norme contenute nel Regolamento 25 ottobre 1895 per l'esecuzione della Legge sulle trasmissioni a distanza dell'energia per mezzo di correnti elettriche.

Art. 24. — Nei pozzi e cunicoli delle miniere o di escavazioni, nelle gallerie delle ferrovie, tramvie e strade ordinarie, nei luoghi di transito sotterranei e dappertutto dove le condizioni locali non permettono che i conduttori siano disposti in modo da non potere essere toccati da persone non addette al loro servizio, dovrà essere reso innocuo il contatto dei conduttori con coperture di strati isolanti o con tubi di protezione posti a terra.

Art. 25. — Per le linee ad alta tensione le mensole ed i pali dovranno portare segni d'allarme convenzionali.

Art. 26. — I pali, le mensole e gli altri sostegni per conduttori sui quali si abbiano potenziali pericolosi, dovranno essere muniti di ripari atti ad impedire che si acceda ai conduttori stessi senza l'aiuto di scale mobili o di mezzi analoghi.

Art. 27. — Le condutture aeree nell'abitato devono essere divise in tronchi, ciascuno dei quali possa venire separato durante l'esercizio, mercè interruttore.

Art. 28. — Quando le condutture telefoniche sono collocate sopra sostegni di conduttura ad alta tensione, devono le stazioni telefoniche essere così disposte che sia eliminato ogni pericolo per chi parla.

Condutture sotterranee esterne.

Art. 29. — I cavi sotterranei con armatura di ferro o di acciaio possono essere posati direttamente nel suolo; tutti gli altri debbono essere protetti da canali di cemento o di grès, o da tubi in ghisa, o da materiale analogo.

Art. 30. — Le cassette o pozzetti necessari per le diramazioni devono essere chiusi con coperchio in modo che questo possa essere levato soltanto col mezzo di speciali utensili.

Art. 31. — Le cassette ed i tubi protettori delle condutture devono essere disposti in modo che non vi si possa accumulare acqua o gas provenienti da condutture vicine, e così costruite che sia facile la loro ispezione.

Condutture interne.

Art. 32. — La sezione dei conduttori deve essere sempre sufficiente perchè il passaggio accidentale di una corrente di intensità doppia della normale non determini un riscaldamento di più di 40° sopra la temperatura dell'ambiente.

Art. 33. — Non si possono impiegare liste scanalate di legno che in locali asciutti.

Agli incroci con tubi di metallo e negli attraversamenti di muri, soffitti, ecc., vi deve essere un supplemento di isolamento e di protezione meccanica.

Art. 34. — Tutte le giunzioni dei fili devono essere saldate, le saldature debbono essere fatte evitando l'impiego di sostanze acide corrosive; esse non devono formare dei punti deboli, nè meccanicamente, nè elettricamente, e l'isolamento elettrico deve essere ristabilito con materie isolanti, almeno equivalenti a quelle che servono d'inviluppo ai conduttori congiunti.

Isolamento degli impianti. — Lampade ad arco.

Art. 35. — Devono avere una sospensione isolante da terra.

Art. 36. — Non si devono adoperare lampade ad arco in luoghi in cui, per ragione di lavoro, si hanno mescolanze esplosive di gas e pulviscolo infiammabile.

Lampade ad incandescenza.

Art. 37. — Le lampadine ad incandescenza nei locali in cui potrebbe avvenire uno scoppio per causa di gas, polvere o particelle infiammabili, non devono usarsi se non coperte da apposite campane di vetro di protezione, che racchiudono lampade ed accessori.

Laddove le lampadine potrebbero venire a contatto con materie molto combustibili, esse devono pure munirsi di tazze, campane o reticelle, che escludano tale contatto.

Se il circuito delle lampade è ad alto potenziale, le parti metalliche di sostegno o di protezione dovranno essere rivestite di materie isolanti o messe a terra.

Apparecchi.

Art. 38. — I lampadari, bracci, ecc., devono essere isolati dalla terra mediante appositi pezzi di giunzione o di sospensione isolata.

Protezione contro il fulmine.
Norme precauzionali riguardanti l'esercizio.

Art. 39. — Si potrà lavorare alle parti che conducono corrente ad alta tensione solo dopo avere con cautela escluse queste parti dal contatto della corrente e dopo averle poste in corto circuito ed immediato contatto colla terra.

Nel caso si debba lavorare sui trasformatori si avrà cura di assicurarsi che tanto il primario che il secondario siano su tutti i loro poli staccati dai circuiti esterni.

Si possono presentare casi nei quali sia indispensabile lavorare su parti percorse da corrente; in tali casi i lavori dovranno essere compiuti dietro speciali disposizioni.

Una persona non deve mai compiere tali lavori quando sia sola.

Negli impianti in cui si utilizzano correnti ad alta tensione, le istruzioni sulle cure da prestarsi a persone colpite da corrente elettrica dovranno essere affisse in modo ben visibile, tanto nell'officina generatrice, quanto in tutte le stazioni di trasformazione, ed il Direttore dell'Esercizio con esercitazioni pratiche dovrà assicurarsi che tutte le prescrizioni siano all'occasione validamente eseguite dai suoi dipendenti.

Nelle stazioni generatrici e nelle sottostazioni si esporranno in modo visibile gli schemi di distribuzione, ed in opportuni disegni del quadro saranno contrassegnati con segni convenzionali i punti più pericolosi percorsi da corrente ad alta tensione.

N. 43.

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE

(VI Riunione Annuale)

tenuta in Torino nei giorni 31 ottobre e 1° novembre 1902

CIRCOLARI DI CONVOCAZIONE.

Torino, 12 ottobre 1902.

Egregio Collega,

La S. V. è invitata ad intervenire all'Assemblea generale ordinaria di questa Associazione, che avrà luogo in Torino secondo il seguente Programma:

Venerdì, 31 ottobre:

Prima riunione dell'Assemblea, nei locali della Sezione di Torino, Galleria Nazionale, Scala *A*, col seguente

Ordine del giorno:

Seduta antimeridiana, ore 9:

1. Relazione della Presidenza sull'Esercizio in corso;
2. Comunicazione del Prof. Angelo Banti sul *Comportamento dei convertitori rotanti negli impianti di trazione elettrica con accumulatori stazionari;*
3. Lettura dell'Ing. Domenico Civita: *La trazione elettrica sulle ferrovie.*

Seduta pomeridiana, ore 15:

1. Relazione della Commissione incaricata di riferire sul sistema di *Unità di misura*, proposto dall'Ing. Giovanni Giorgi.
2. Letture del Prof. Guido Grassi:
   a) *Sul calcolo delle dinamo e degli alternatori;*
   b) *Di alcune proprietà dei trasformatori;*
3. Discussione sul seguente tema, proposto dall'Ing. Carlo Esterle: *Sull'interpretazione e sull'applicazione dell'art. 7 della Legge 11 luglio 1889 (Tassa fabbricati) agl'impianti idro-elettrici, alle dinamo ed ai motori elettrici;*

4. Proposte della Presidenza per le *Onoranze a Guglielmo Marconi.*

Sabato, 1 novembre:

Seduta antimeridiana, ore 9:

1. Proposte circa al *Procedimento da seguirsi per le modificazioni allo Statuto, in relazione colla deliberazione del Consiglio generale del 28 giugno scorso;*
2. Letture dell'Ing. Giovanni Giorgi:
   a) *I fondamenti della teoria delle grandezze elettriche;*
   b) *Il funzionamento del rocchetto di Ruhmkorff;*
3. Lettura dell'Ing. Ezio Cianetti: *Sulla purificazione dei sughi di barbabietola per mezzo dell'elettrodialisi.*

Seduta pomeridiana, ore 15:

1. Lettura dell'Ing. Secondo Sacerdote: *Il variatore di corrente e le sue applicazioni;*
2. Presentazione e discussione dei conti, a termini dell'art. 15 dello Statuto sociale, e nomina dei Revisori.
3. Comunicazioni eventuali della Presidenza. Chiusura dell'Assemblea.

Gite e visite ad impianti.

Domenica e lunedì, 2 e 3 novembre:

Visita all'Esposizione Internazionale di Arte Decorativa Moderna e ad Impianti, secondo un Programma particolareggiato compilato per cura della Sezione di Torino, che sarà ulteriormente rimesso ai Soci che interverranno all'Assemblea.

Il Segretario Generale R. PINNA.

Il Presidente G. GRASSI.

NB. Nel Programma non ha potuto essere compresa l'inaugurazione del monumento a *Galileo Ferraris* poichè, mentre fino a questi ultimi giorni si sperava che ciò potesse avvenire non più tardi del prossimo novembre, si è ora avuta la notizia che il monumento non sarà pronto che in epoca più lontana e quasi certamente non prima del prossimo anno.

Sono in corso le pratiche necessarie per ottenere i consueti ribassi ferroviari. I signori Soci che intendono usufruirne sono pregati di rivolgersi, *entro il 25 corrente mese,* a questa Sede Centrale, che invierà loro, a suo tempo, nel caso favorevole, i moduli necessari.

Egregio Collega,

Facendo seguito alla nostra Circolare 12 corrente mese, la preghiamo di prender nota che all'Ordine del giorno della prossima Assemblea, nella Seduta pomeridiana del giorno 1° novembre, verrà posta in discussione la quistione della **Riduzione del contributo alla Sede Centrale**, proposta dalla Sezione di Firenze.

Inoltre, alle Letture già annunziate verrà aggiunta una Comunicazione del Socio ing. G. Cristoforis (Sezione di Genova), dal titolo: *Le batterie di accumulatori a distanza*, che fu omessa per mera dimenticanza nel programma.

Con distinta stima

Il Segretario Generale R. PINNA.

Il Presidente G. GRASSI.

PROGRAMMA PARTICOLAREGGIATO

della Riunione Generale del 1902 in Torino.

Venerdì 31 ottobre:

Ore 9. — Prima riunione dell'Assemblea nei locali della Sezione di Torino, Galleria Nazionale, scala *A*. — Iscrizioni e distribuzione delle tessere.

Ore 15. — Riunione dell'Assemblea.

Ore 19. — Banchetto offerto dai Soci della Sezione di Torino ai Colleghi delle altre Sezioni al Ristorante Molinari a Porta Nuova.

Sabato 1° novembre:

Ore 9. — Riunione dell'Assemblea.

Ore 15. — Riunione e chiusura dell'Assemblea generale ordinaria.

Ore 21. — Punch d'onore offerto dalla Sezione di Torino nelle proprie sale.

Domenica 2 novembre:

Ore 9. — Visita alla Stazione Centrale delle Società Belga e Torinese dei Tramways di Torino in Corso Firenze.

Ore 10,30. — Visita al monumento a Galileo Ferraris nello studio dello scultore Contratti, in Corso Firenze.

Ore 12. — Banchetto offerto dal Municipio di Torino agli Elettrotecnici italiani al Ristorante Internazionale all'Esposizione.

Ore 15. — Visita all'Esposizione di Arte Decorativa Moderna.

Lunedì 3 novembre:

Ore 8,30. — Partenza per Lanzo Torinese.

Ore 10. — Visita della Stazione Centrale di Pian Funghera della Società Elettricità Alta Italia.

Ore 12. — Lunch offerto dalla predetta Società.

Ore 13,50. — Partenza per Torino.

Ore 15,30. — Visita alla Stazione Centrale di Via Bologna.

Ore 16,30. — Visita delle Officine di Costruzioni della Società Elettrotecnica Italiana, in Corso Principi d'Acaia, N. 60.

È probabile che possa effettuarsi anche una gita a Bologna per visitare l'impianto e rendersi conto dei particolari d'esercizio del servizio di trazione elettrica ad accumulatori della linea Bologna-San Felice, e questo per cortese invito della « Società Italiana di Elettricità, già Cruto ».

Se le pratiche avviate sortiranno buon esito, i signori Soci ne saranno avvisati al loro arrivo a Torino per l'opportuna iscrizione. In tal caso la partenza da Torino avrebbe luogo la sera del 3 novembre; il tratto Parma-Bologna verrebbe percorso sulle vetture automotrici.

Ai Soci che interverranno all'Assemblea sarà distribuita una tessera, che darà diritto all'ingresso gratuito all'Esposizione Internazionale di Arte Decorativa Moderna e al libero percorso sulle tramvie elettriche di Torino nei giorni 31 ottobre e 1, 2 3 novembre.

All'Assemblea sono intervenuti i Soci seguenti:

Sezione di Torino:

Andreucci Carlo, Antoniotti Riccardo, Arcozzi-Masino Fulvio, Arigo Giuseppe, Artom Alessandro, Baer Errico, Boccardo Emilio, Bonini C. F., Borella Felice, Branchinetti Francesco, Bronzini Edoardo, Capon Angelo Casetta Eugenio, Cassinis Ferdinando, Cerruti Eugenio, Chiesa Terenzio, Crosa Vincenzo, Cruto Alessandro, Diatto Alfredo, Diena Clemente, Dumontel Federico, Dumontel Gilberto, Dusonchet Luigi, Errera Adolfo, Ferrario Carlo, Ferraris Lorenzo, Ferrua Edoardo, Fontana Vincenzo, Franchetti Alessandro, Frascari Carlo, Frizzoni Settimo, Garbasso Antonio, Giordana G. B., Giorelli Angelo, Grassi Guido, Guagno Enrico, Imoda Giuseppe, Jean Gaspare, Lauchard Emilio, Luino Andrea, Lignana

Giuseppe, Lutz Carlo, Maffiotti G. B., Maternini Francesco, Montel Luigi, Moreno Luigi, Morra P. P., Morelli Ettore, Negretti Luigi, Oliva Luigi, Perino Fortunato, Peyron Emanuele, Pinna Raffaele, Ponzani Vittorio, Ponzio Giacomo, Rossi Andrea, Rostain Alfredo, Rotta Giuseppe, Sassernò Alberto, Scarpa Oscarre, Schultz Giorgio, Segré Enrico, Silvano Emilio, Soldati Vincenzo, Spuhn Federico, Straneo Paolo, Tedeschi Cesare, Tedeschi Vittorio, Thovez Ettore, Treves Abramo, Treves Vittorio, Valabrega Raffaele, Verole Pietro, Viscidi Pasquale, Zerboglio G. Paolo.

Soci collettivi :

Fratelli Marsaglia, Società Anonima Piemòntese di Elettricità, Società Anonima Esplodenti e Prodotti chimici, Società Anonima Elettricità Alta Italia, Società Dinamite « Nobel », Società Elettrotecnica Italiana, Società Italiana di Applicazioni elettriche, Società Italiana di Elettricità già Cruto, Società Telefonica per l'Alta Italia, Tecnografia Marandri, Ing. V. Tedeschi e C., Società Forze idrauliche del Moncenisio.

SEZIONE DI MILANO :

Ancona Ugo, Arcioni Vittorio, Banzatti Giuseppe, Barberis Giovanni, Barbieri Menotti, Barzanò Carlo, Bignami Enrico, Civita Domenico, Clerici Carlo, Danioni Filippo, De Andreis Luigi, Esterle Carlo, Faccio Gustavo, Forti Angelo, Fumero Ernesto, Gadda Giuseppe, Gatta Dino, Gavazzi Adolfo, Gola Giovanni, Jarach Federico, Jona Emanuele, Montecorboli Pietro, Netti Aldo, Olivetti Camillo, Orefici Giuseppe, Palandri Flavio, Panzarasa Alessandro, Pontiggia Luigi, Putato Eugenio, Sacerdote Adolfo, Sacerdote Secondo, Scotti Alessandro, Semenza Guido, Silva Angelo, Sturani Enrico, Valentini Ernesto.

Soci collettivi :

L'Agognetta, Brioschi, Finzi e C., Hartmann e Braun, Siry Lizars e C., Società Elettrica Comense, Società Ferrovie del Mediterraneo, Società Lombarda per distribuzione di energia elettrica, Società Parmense di Elettricità, Società Italiana d'Elettricità Lahmeyer.

SEZIONE DI GENOVA :

Ammirato Giuseppe, Capellini Vittorio, Campos Gino, Cristoforis Ginseppe, Dossmann Gustavo, Mingarelli Augusto, Pescetto Federico, Piva Giuseppe, Robbo Guido, Rumi Sereno, Schenone Giovanni, Thoma Max.

Sezione di Bologna:

Donati Alfredo, Donati Luigi, Gasparini Cleto, Goria Rocco Agostino, Greppi Luigi, Lanino Giuseppe, Lanino Pietro, Maccaferri Umberto, Raffi Pasquale.

Sezione di Firenze:

Ambrosano Edoardo, Corsini Ernesto, Minuti Florenzio, Niccolin Ferruccio, Pasqualini Luigi, Santarelli Giorgio, Sizia Francesco, Tolomei Mario, Vimercati Guido.

Sezione di Roma:

Ascoli Moisè, Banti Angelo, Brunelli Italo, Colombo Pietro, Dell'Oro Giovanni, Gentili Federico, Giorgi Giovanni, Salvadori Riccardo.

Socio collettivo:

Società Nazionale Ferrovie e Tramways di Roma.

Sezione di Napoli:

Bonghi Mario, Jervis Tommaso, Martorelli Pietro, Rispoli Francesco.

Sezione di Palermo:

Ottone Giuseppe.

RIEPILOGO.

Sezione di Torino	. . .	Soci	N.	87
» di Milano	. . .	»	»	45
» di Genova	. . .	»	»	12
» di Bologna	. . .	»	»	9
» di Firenze	. . .	»	»	9
» di Roma	. . .	»	»	9
» di Napoli	. . .	»	»	4
» di Palermo	. . .	»	»	1
Totale	. .	Soci	N.	176

Seduta del 31 ottobre.

Alle ore 9 sono presenti oltre 150 Soci. Al banco della Presidenza siedono il Presidente prof. *Guido Grassi*, il Vice-Presidente prof. *Moisè Ascoli*, il Segretario generale ing. *Raffaele Pinna*.

Il Presidente **Grassi** dichiara aperta la Seduta alle ore 9 1[4 e ringrazia i Colleghi della Sezione Torinese che, in unione al Segretario generale ing. Pinna, hanno preparato un programma di liete accoglienze e di interessanti visite. Pronunzia quindi la seguente:

RELAZIONE DELLA PRESIDENZA

sull'Esercizio in corso.

Nel dare il benvenuto ai Soci delle varie Sezioni, io credo che noi non potremmo meglio inaugurare i nostri lavori che inviando un saluto a Guglielmo Marconi, che esprima l'ammirazione di tutti gli elettrotecnici italiani per lo splendido successo delle sue recentissime esperienze, e il dispiacere di non averlo oggi fra noi, come ne avevamo la speranza. L'ultima campagna della R. Nave « Carlo Alberto », campagna di cui una Relazione del Ministero della Marina ci ha fatto conoscere i risultati sorprendenti, segna una pagina veramente memorabile nella storia della radiotelegrafia. Ed io penso di interpretare il sentimento di tutti noi proponendovi di aggiungere un plauso alla nostra Marina, che con tanta intelligenza e con sì nobile slancio ha saputo coadiuvare nelle sue mirabili esperienze il geniale inventore.

Ad onorare degnamente Guglielmo Marconi la Presidenza vi sottoporrà, a suo tempo, come è indicato nell'Ordine del giorno, le sue proposte.

Ed ora, prima di iniziare i nostri lavori, non vi sarà discaro udire una breve notizia sulle vicende della Associazione nell'anno decorso. Ed anzitutto mi piace farvi rilevare come sia aumentatato anche in quest'anno il numero dei Soci. Siamo oggi 784 Soci indivivuali e 110 collettivi, in tutto 894, con un aumento di 80 Soci dall'epoca dell'ultima Assemblea di Roma.

Del pari è aumentato notevolmente il volume degli *Atti*. La pubblicazione si è conformata al desiderio di renderla periodica; e se l'Assemblea non si fosse dovuta differire già il 5° fascicolo di questo

anno sarebbe certamente uscito. In ogni modo la materia è tale che si dovrà necessariamente oltrepassare un po' la spesa stanziata per le pubblicazioni. Oltre a letture ordinarie di Soci alle rispettive Sezioni, in parecchie Sezioni si son tenute conferenze pubbliche. Roma ne diede una lunga serie, proseguendo nell'ottima consuetudine degli anni passati; e fu imitata da Firenze e Bologna. Soltanto devo far notare che delle conferenze di quest'ultima Sezione non si è avuto notizia negli *Atti*, poichè i conferenzieri non hanno stimato di darne conto; forse per eccesso di modestia. Però colgo l'occasione per ricordare come sia utile che i Segretari sezionali non tralascino di rendere informata la Sede centrale di quanto si fa nelle singole Sezioni. Le conferenze non tutte si devono pubblicare, e di alcune fatte su argomenti noti potrà essere il caso di accennare appena il titolo o di dare un brevissimo sunto; ma abbiamo esempio di parecchie conferenze fatte da nostri Soci che, pure pubblicate per esteso, e per la novità dell'argomento e per la maestria della trattazione, sono riuscite interessantissime.

Vengo all'esecuzione dei voti dell'ultima Assemblea.

Il *referendum* proposto dall'Assemblea sul quesito se si dovesse pubblicare a cura dell'Associazione un Regolamento per le norme di sicurezza degli impianti elettrici ha dato, come ne fu pubblicata la notizia negli *Atti*, risultato favorevole. Perciò, in esecuzione di quanto era stato previsto nel voto stesso dell'Assemblea, furono invitate le Sezioni a nominare i proprii rappresentanti per comporre la Commissione generale del Regolamento. I Delegati hanno già condotto a buon punto il loro lavoro; la Commissione ha discusso varie proposte di massima e stabiliti alcuni criteri fondamentali. Il lavoro sarà ultimato certamente in breve tempo.

Un altro voto dell'Assemblea di Roma fu quello relativo alla proposta dell'ing. Giovanni Giorgi, il quale concludeva un interessante studio sulle *unità razionali di elettro-magnetismo*, comunicato alla Assemblea, presentando il progetto di un *nuovo sistema di misure elettro-magnetiche*, dove, pur conservando le attuali unità pratiche inalterate, si tolgono gli inconvenienti che nascono dall'uso promiscuo che si fa ora dei tre sistemi: l'assoluto, l'elettro-statico e l'elettro-magnetico.

L'Assemblea deliberava, su proposta del prof. Banti, che la Presidenza nominasse una Commissione per studiare quel progetto e, all'occorrenza, provvedere onde promuovere l'adozione del nuovo sistema.

La Commissione venne subito costituita, composta dei prof. Ascoli,

Donati, Grassi, Lombardi e Roiti. Del risultato dei lavori e delle deliberazioni prese dalla Commissione, e in massima favorevoli al progetto, vi informerà più particolarmente il prof. Ascoli in una prossima Seduta.

Intanto però mi è grato comunicare all'Assemblea che, avendo io stesso insieme al prof. Ascoli portato la questione al Congresso della Società di Fisica, tenutosi a Brescia nello scorso settembre, quella Società all'unanimità deliberò di affidare alla stessa nostra Commissione, i cui membri appartengono anche alla Società di Fisica, di proseguire i suoi studi e di provvedere anche a nome della Società di Fisica. Per tal modo le proposte della nostra Commissione, come rappresentante le due Associazioni più competenti in materia, verranno ad acquistare maggiore importanza ed autorità.

I Soci ricorderanno pure che l'Assemblea di Roma ebbe a pronunciare il suo voto favorevole ad una proposta dell'ingegnere Salvadori intesa a rialzare gli studi della telegrafia e telefonia in Italia, promovendo l'istituzione di un Corpo di ingegneri telegrafici e telefonici.

Il Consiglio generale fin dallo scorso dicembre si occupò della questione; il voto fu comunicato al Ministero delle Poste e Telegrafi, e accompagnato da particolari. proposte. La riforma, i provvedimenti invocati richiedono molta ponderazione, nè si poteva credere di vedere in pochi mesi risoluta la questione; tuttavia è certo che il voto della nostra Assemblea ha mosso il campo, ed abbiamo buone ragioni per sperare in una prossima soluzione nel senso da noi desiderato.

Infine, come fu promesso, fu pubblicato già da qualche mese il 1° volume delle opere di Galileo Ferraris, che contiene i lavori originali su argomenti di elettricità, compreso il lavoro postumo *sui campi vettoriali*, che doveva servire d'introduzione al Corso d'Elettrotecnica, e che era stato pubblicato per cura del prof. Segre negli *Atti dell'Accademia delle Scienze* di Torino.

Le condizioni fatte ai Soci dell'A. E. I. dall'editore Hoepli sono anche migliori di quanto avevo annunciato lo scorso anno; poichè il ribasso fu concesso a tutti i Soci senza la condizione di doversi sottoscrivere prima della pubblicazione. Le stesse condizioni valgono per gli altri due volumi di cui è già in corso la stampa.

Degli altri due voti dell'Assemblea di Roma l'esito non fu altrettanto felice. L'uno era quello relativo alla pubblicazione delle *lezioni di Galileo Ferraris*, in continuazione del 1° volume *sui fondamenti scientifici dell'elettrotecnica*. La Presidenza, giusta l'incarico assunto, fece degli studi circa la possibilità di raccogliere il materiale necessario per la pubblicazione integrale, come era detto nella deliberazione

dell'Assemblea, della seconda parte delle lezioni. Ho esaminato personalmente più d'una redazione desunta da appunti o da note stenografiche. Nessun criterio vi sarebbe per fare una scelta; nessuna norma per avere la sicurezza di rappresentare degnamente il pensiero di Galileo Ferraris. Io ho dovuto persuadermi che non avevano torto coloro che sostenevano l'inopportunità di dare alle stampe quelle note sotto il nome di lezioni di Galileo Ferraris e come già feci al Consiglio generale così debbo comunicare all'Assemblea la decisione presa di rinunciare a quella pubblicazione.

Da ultimo mi fu impossibile fino ad ora rispondere al mandato relativo alla questione mossa dal prof. Banti sulla priorità della invenzione del telefono. La Presidenza doveva nominare una Commissione che, *insieme al proponente prof. Banti*, completasse le indagini e gli studi per rivendicare al Meucci l'invenzione del telefono. Circostanze indipendenti dalla nostra volontà hanno impedito al proponente di occuparsi della questione, malgrado la buona volontà mostrata dalla Presidenza per avviarne la soluzione. Ma *quod difertur non aufertur*. Il prof. Banti ha promesso che non lascierà cadere la cosa.

Chiudo questa breve Relazione con un cenno allo stato delle nostre finanze. Voi ne giudicherete in particolare dalla esposizione che ne farà il nostro Cassiere. Si sono fatte, come dissi, spese un po' maggiori delle previsioni, specialmente per le pubblicazioni; non credo che ce ne dobbiamo lagnare, poichè è questo il segno più manifesto della nostra attività. Ce ne dovremmo impensierire soltanto se il bilancio non ci permettesse questa larghezza, ma per fortuna siamo in condizioni tali che allo scadere dell'anno potremo lasciare ai nostri successori un discreto avanzo, da poter provvedere decorosamente ai bisogni dei futuri bilanci, e seguire lo sviluppo ognor crescente della nostra Associazione; che se essa nel triennio che ora scade si è accresciuta di circa una metà per numero di Soci, io ho fede che, mercè vostra, essa si avvierà a condizioni di vita sempre più attiva e non sarà male se non mancheranno alla futura Sede Centrale i mezzi per accompagnare e promuovere tale maggiore attività.

(*Applausi*).

Grassi, *Presidente*. — Legge un telegramma del prof. Banti il quale annunzia il suo arrivo per le ore 10 1[2 e propone quindi d'invertire l'Ordine del giorno passando alla lettura del socio ing. Domenico Civita che si trova presente.

Civita. — Legge la sua Nota sopra « La trazione elettrica sulle ferrovie » (*).

La lettura è vivamente applaudita.

(*) La Nota è pubblicata nel presente fascicolo.

Grassi, *Presidente*. — Apre la discussione sulla Lettura dell'ingegnere Civita.

Panzarasa: Mi si permetta di presentare brevemente qualche osservazione e chiedere nel contempo alcuni schiarimenti.

Mi è sembrato che nei suoi calcoli l'ing. Civita introduca un coefficiente di trazione $f = 0{,}0033$ per giungere alla velocità di 150 km. all'ora.

Ora a me non pare che si possano ricavare valori limiti partendo dalla supposizione che siano costanti dei coefficienti, i quali sono invece variabilissimi; quindi molte cifre ricavate con tal metodo sono bene spesso inesatte e richiedono di essere rivedute e modificate notevolmente.

Invece di basarsi su dati statistici, i quali rappresentano sempre delle cifre medie, credo sarebbe più preciso prendere in esame una data linea e confrontare in quella le condizioni di trazione a vapore con quelle di trazione ad accumulatori. So, per esempio, di alcuni esperimenti che hanno portato a valori assai inferiori a 1,20, pel costo del treno chilometro, ossia a quasi 0,7 o 0,8. Quindi mi pare sarebbe più opportuno rifare i calcoli partendo da una data linea speciale.

Inoltre l'egregio ing. Civita non considera qui la questione del costo che non dovrebbe essere trascurata, e se stabiliremo il confronto fra la trazione colla locomotiva a vapore con quella ad accumulatori giungeremo a risultati meno ottimisti di quelli enunciati dal Civita.

Finzi: Credo anch'io che manchino per ora dati sufficienti per far calcoli precisi. Ma credo che, per quanto la cosa possa esser prematura, non si deve escludere che il sistema ad accumulatori possa avere un avvenire.

La cifra di 0,36 che l'ing. Civita stabilisce come spesa di rinnovamento, sebbene sia alquanto bassa, mi pare possa ottenersi con accumulatori a piombo, e potrà forse anche divenire minore in modo da compensare altre cifre forse troppo ottimiste, se i perfezionamenti che si stanno studiando intorno agli accumulatori a piombo condurranno a buoni risultati. Dobbiamo ad ogni modo essere grati all'ing. Civita della sua pregevole Lettura, tanto più in questo momento in cui si fanno tanti studi intorno alla trazione elettrica sulle ferrovie.

Lanino: Avendo avuto occasione di occuparmi della linea Bologna-San Felice, di cui ci ha parlato l'ing. Civita, debbo dire che per quanto quel caso sia ricco d'insegnamenti esso non può portare a conclusioni così assolute, alle quali non mi posso associare. Come elettrotecnici possiamo domandare ed augurarci modificazioni in favore della trazione

elettrica, ma bisognerà pur convenire — come ingegneri — che ci vorrà molto ma molto tempo prima che si possa pensare a sostituire la locomotiva a vapore.

Vorrei ora presentare un'amichevole critica intorno ai confronti che il Civita fa tra la locomotiva a vapore e quella ad accumulatori, sebbene si dovrebbe venire a computi che sfuggono ad una discussione come questa.

Anzitutto mi permetto di considerare alquanto elevata una velocità limite che supera i 100 chilometri. Inoltre l'ing. Civita suppone un peso di 150 kg. per HP. Ora le locomotive a vapore non raggiungono questo peso. Le locomotive dell'Adriatica hanno 80 kg. per HP e non 150. Mi sembra poi che il calcolo del limite raggiungibile sia stabilito da un coefficiente di trazione che si suppone costante, mentre invece gli esperimenti stessi fatti sulla Bologna-San Felice hanno fatto variare questo limite da 0,0033 fino anche a 0,0075 per le grandi distanze. Dobbiamo poi considerare che circa il 30 0|0 dei treni è costituito da treni merci, che raggiungono sempre la media di 300 o 400 tonnellate, salendo anche fino a 1200 per le pianure: mi pare quindi esagerata la cifra di 1 o 1,20.

Del resto noi dobbiamo rallegrarci dei risultati ottenuti dagli esperimenti fatti sulla linea Bologna-San Felice, i quali hanno aperto il campo, che si voleva quasi proibire, agli accumulatori, dimostrando cioè che in certe condizioni speciali di cura e di manutenzione la trazione ad accumulatori possa anche economicamente presentare una via di soluzione, per quanto modesta, alla questione della trazione elettrica sulle ferrovie.

Semenza: Applicando le formole esposte dall'ing. Civita ad un caso pratico, indagando quale sia, per es., il peso di accumulatori necessario per rimorchiare un treno di 170 tonnellate sopra una pendenza del 30 0|00 con una velocità di 90 km., si avrà la cifra di 1600 tonn. di accumulatori e cioè dieci volte il peso del treno.

Questo ho voluto ricordare per confermare quanto disse l'ing. Panzarasa, che cioè con queste formule bisogna andare molto cauti quando si tratta di stabilire dei limiti. Ciò non ho detto per censurare le conclusioni definitive cui giunge il Civita; ma quanto al problema generale credo sia bene insistere sul fatto che la locomotiva ad accumulatori, per quanto potrebbe anche avere qualche applicazione in casi speciali, non potrà essere mai il sistema di trazione più adatto per le linee italiane, le quali anzitutto non si prestano per le grandi velocità. Sappiamo tutti in quali condizioni si trovano le nostre linee,

ben poche eccettuate, su cui non si potrà mai stabilire la velocità di 100 km. Dove la trazione elettrica ad accumulatori può avere vantaggiosa prevalenza sulla trazione a vapore è nelle linee secondarie; ed io vedo appunto la questione un po' a questo modo: l'Italia è un paese agricolo nel quale il lavoro si fa in maniera sparsa, non concentrata in uno o in pochi punti. Le industrie naturali in Italia sono quelle agricole, che traggono la loro materia prima dall'agricoltura e quindi si trovano sparse per la campagna in tutto il paese.

Ora io credo appunto sia serbato grande avvenire alle ferrovie secondarie, di carattere tramviario, che mettono in comunicazione i piccoli centri fra di loro o i piccoli centri colle grandi città, coi porti, ecc. Abbiamo perciò bisogno di treni rapidi e leggeri al contempo. Mi pare non possa quindi dare buoni risultati la locomotiva ad accumulatori, dal momento che il peso morto che dovrebbe trascinare il treno sarebbe uguale almeno a quello del treno stesso. E concludo col dichiarare per mio conto che il problema della sostituzione degli accumulatori al vapore sarà questione semplicemente economica.

Civita: Ringrazio anzitutto l'Assemblea della benevola attenzione prestatami ed in special modo coloro che mi hanno rivolte osservazioni e critiche, dimostrando così di essersi interessati all'argomento.

Io non ho inteso affatto di dire che il sistema da me preconizzato debba sostituire ovunque la locomotiva a vapore, ma ho voluto in certo qual modo riabilitare questo nuovo sistema di trazione e dimostrare che esso può essere conveniente in alcuni casi, come, per es., quando si possa utilizzare forza idraulica. E se le cifre da me esposte non sono sempre precise, se pur talvolta sembrano soverchiamente ottimiste, esse tuttavia dimostrano che si sono potute realizzare economie ritenute *a priori* impossibili. Se è vero, come dice l'ing. Semenza, che occorrerebbero 1600 tonn. di accumulatori per andare con una velocità di 90 km. per una pendenza del 30 0|00, dirò che mi sono attenuto alla pratica considerando che con una simile pendenza non si raggiunge effettivamente una velocità superiore ai 40 o 50 km.

Ringrazio poi in particolar modo i colleghi Finzi e Lanino, che, accogliendo lo spirito della mia conferenza, hanno in parte appoggiato la mia tesi. Del resto, mi piace ripeterlo, io non ho inteso risolvere il problema delle trazione sulle ferrovie per mezzo degli accumulatori, ma ho voluto incoraggiare a studiare, ed a tenere in considerazione questo sistema di trazione, il quale può in alcuni casi speciali risolvere vantaggiosamente il problema.

Grassi, *Presidente.* — Ringrazia l'ing. Civita della sua interessante comunicazione, e dà la parola al prof. Angelo Banti, giunto nel frattempo, per lo svolgimento della sua Nota all'Ordine del giorno.

Banti. — Dà lettura della sua comunicazione: « Sul comportamento dei convertitori rotanti negli impianti di trazione elettrica con accumulatori stazionari » (*).

(*Applausi*).

Segue una breve discussione, alla quale prendono parte, oltre al prof. Banti, i Soci Ascoli, Giorgi e Finzi, per far notare che probabilmente l'induttanza aggiunta dal Banti per annullare lo sfasamento della corrente, quando gli accumulatori sono in circuito, non agisce come compensatrice dell'effetto di capacità degli accumulatori, ma piuttosto come filtro, che si oppone alla corrente oscillante e lascia passare liberamente la corrente continua.

Grassi, *Presidente.* — Ringrazia il prof. Banti della sua comunicazione e dà la parola al dott. Giorgio Finzi, il quale aveva chiesto gli fosse concesso di trattenere brevemente i Soci per informarli del risultato di alcuni suoi studi e ricerche sui « Motori monofasi e sulla loro applicazione alla trazione elettrica ». Malgrado ciò non sia all'Ordine del giorno, rimanendo ancora tempo disponibile in questa Seduta, ritiene che l'Assemblea sentirà con piacere la conferenza del dott. Finzi.

Finzi. — Svolge la sua conferenza su « La trazione elettrica con motori monofasi ».

(*Applausi*).

Grassi, *Presidente.* — Ringrazia il dott. Finzi della sua interessante comunicazione e scioglie la Seduta alle ore 12.

Seduta pomeridiana.

Il Presidente apre la Seduta alle ore 15 e dà la parola al professore Ascoli per riferire sul « Sistema di unità di misura » proposto dall'ing. Giovanni Giorgi.

(*) La Lettura Banti è pubblicata nel presente fascicolo.

Ascoli. — Legge la seguente

RELAZIONE

della Commissione incaricata di esaminare le proposte dell'Ing. G. GIORGI « *Sulle unità razionali di elettromagnetismo* ».

1. — Nell'Assemblea generale tenuta in Roma dall'A. E. I. nell'ottobre 1901, l'ing. Giorgi lesse una Memoria sopra un nuovo sistema di unità elettriche. La Presidenza, in seguito a proposta fatta nell'Assemblea stessa, nominò una Commissione composta dei professori Grassi, *presidente*, Ascoli, Donati, Lombardi, Roiti, coll'incarico di esaminare le proposte Giorgi. Dopo varie riunioni della Commissione, la quale si mostrò in massima favorevole, fu deliberato di portare la questione davanti alla Società italiana di fisica, ciò che fu fatto nella riunione tenuta nello scorso settembre in Brescia. Nella riunione stessa fu confermato alla medesima Commissione, i cui membri fanno tutti parte anche della detta Società, l'incarico avuto dall'Associazione Elettrotecnica. Ora la Commissione presenta la Relazione del proprio studio.

2. — È utile premettere qualche considerazione generale, da cui il sistema proposto dall'ing. Giorgi si deriva in modo forse più chiaro e semplice di quanto l'autore stesso abbia fatto; e ciò non è senza importanza, poichè il favore con cui una innovazione può venire accolta dipende non solo dalla natura sua, ma in buona parte dal modo in cui viene presentata. Per la medesima ragione è bene distinguere quanto è essenziale al nuovo sistema e che deve essere necessariamente accettato con esso, da quanto è accessorio e può dar luogo a particolari discussioni.

I sistemi di misure assolute per le grandezze elettriche e magnetiche furono introdotti nella scienza da Gauss e Weber, e, dopo i lavori di Cl. Maxwell, dell'Associazione Britannica e delle conferenze internazionali di Parigi del 1881 e 1882, furono adottati universalmente ed introdotti nella pratica. Ma qualche imperfezione era rimasta sovra tutto nell'esporre i fondamenti scientifici, tanto che potè apparire che tutte le grandezze elettriche e magnetiche potessero essere completamente definite dalle fondamentali di lunghezza, massa e tempo. Questo si trova più volte asserito durante le conferenze di Parigi; ed anche nei successivi lavori del Clausius e dell'Helmholtz non è sufficiente-

mente messo in chiaro il contrario, cioè che la duplicità dei sistemi Maxwelliani, o più in generale la moltiplicità dei sistemi possibili di unità assolute è dovuta appunto all'insufficienza delle dette 3 unità fondamentali. Da qui nacquero dispareri e polemiche, che possono venire facilmente composte solo considerando la questione nel modo più generale.

Il prof. Somigliana, dell'Università di Pavia, in una importante Memoria: *Sulle unità elettriche e magnetiche* (*), trattò appunto la questione da simile punto di vista; noi non potremmo esprimerci più chiaramente che attenendoci in parte al suo modo di esposizione.

Il modo più conveniente per definire le unità e stabilire le equazioni di dimensione è quello di ricorrere alle azioni reciproche tra sistemi elettrici e magnetici. Queste consistono nelle azioni elettriche tra punti elettrici (legge di Coulomb), nelle magnetiche tra punti magnetici (legge di Coulomb), nelle elettromagnetiche, tra un elemento di corrente ed un punto magnetico (legge di Laplace), nelle elettrodinamiche tra due elementi di corrente (legge di Ampère). Indicando con F_e, F_m, F_{em}, F_{ed} le quattro azioni, abbiamo:

$$F_e = \alpha \frac{e\,e'}{r^2} \tag{1}$$

$$F_m = \beta \frac{m\,m'}{r^2} \tag{2}$$

$$F_{em} = \gamma \frac{i\,m \operatorname{sen} \omega}{r^2} d\,s \tag{3}$$

$$F_{ed} = \delta \frac{i\,i'}{r^2} (2 \cos \varepsilon + 3 \cos \theta \cos \theta')\, d\,s\, d\,s' ; \tag{4}$$

a queste va aggiunta la:

$$i = \frac{e}{t} \tag{5}$$

che è la definizione della corrente; queste possono considerarsi come fondamentali; si hanno inoltre le:

$$V = \frac{W}{e} \qquad R = \frac{V}{i} \qquad C = \frac{e}{V}, \tag{6}$$

che definiscono la forza elettromotrice (o la differenza di potenziale), la resistenza, la capacità, ed altre equazioni, che definiscono altrettante nuove grandezze elettriche e magnetiche.

(*) *Rendiconti dell'Istituto Lombardo,* gennaio 1900.

Le 5 equazioni fondamentali contengono, oltre le quantità meccaniche riducibili alle tre fondamentali L, M, T, le grandezze e (quantità di elettricità), m (massa magnetica), i (corrente), e le α, β, γ, δ (così dette costanti), delle quali le prime due dipendono dal mezzo; se questo è lo *spazio vuoto*, α e β saranno le costanti elettrica e magnetica dell'etere. Abbiamo dunque 5 equazioni tra 7 incognite (α, β, γ, δ, e, m, i); due qualunque di queste si possono, anzi si debbono scegliere ad arbitrio per definire tutte le altre. Ad ogni coppia di grandezze che si scelgono come arbitrarie, ossia come fondamentali, si viene a stabilire un differente sistema di misure; tutti questi sistemi da un punto di vista teorico sono egualmente ammissibili, tutti egualmente *razionali*.

In due sistemi diversi le 7 quantità nominate prenderanno diversi valori, che indicheremo con $\alpha\, \beta\, \gamma\, \delta\, e\, m\, i$, $\alpha_1\, \beta_1\, \gamma_1\, \delta_1\, e_1\, m_1\, i_1$; le 5 relazioni ci daranno:

$$\alpha\, e^2 = \alpha_1\, e^2_1 \qquad\qquad \beta\, m^2 = \beta_1\, m^2_1$$

$$\gamma\, m\, e = \gamma_1\, m_1\, e_1 \qquad\qquad \delta\, e^2 = \delta_1\, e^2_1\,;$$

eliminando le e e le m si ottiene:

$$\frac{\delta\,\beta}{\gamma^2} = \frac{\delta_1\,\beta_1}{\gamma^2_1} \qquad\qquad \frac{\alpha}{\delta} = \frac{\alpha_1}{\delta_1}\,,$$

che ci dicono i rapporti $\frac{\delta\,\beta}{\gamma^2}$ ed $\frac{\alpha}{\delta}$ essere indipendenti dal sistema di unità. Si trova facilmente dalle stesse relazioni che il primo è un numero puro, il secondo ha le dimensioni del quadrato di una velocità ($L^2\, T^{-2}$):

$$\frac{\beta\,\delta}{\gamma^2} = u \qquad\qquad \frac{\alpha}{\delta} = v^2.$$

Il valore di u essendo lo stesso in qualunque sistema, si può determinare considerando, ad esempio, il sistema elettromagnetico, nel quale $\beta = 1$, $\gamma = 1$ ne risulta $\frac{\beta\,\delta}{\gamma^2} = 1$, cioè $u = 1$. Abbiamo dunque $\alpha = u^2$ e quindi $\delta = 1$, e in generale tra le $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$ le due relazioni:

$$\frac{\beta\,\delta}{\gamma^2} = 1 \qquad\qquad \frac{\alpha}{\delta} = v^2 \qquad\qquad \left(\text{oppure } \frac{\alpha\,\beta}{\gamma^2} = v^2\right). \qquad (7)$$

Tra gli infiniti sistemi deducibili dalle precedenti formole sono compresi tutti i sistemi proposti.

L'*elettrostatico* assume α e γ come numeri puri uguali all'unità; in altri termini, prende, oltre ad L, M, T, anche α e γ come grandezze arbitrarie; ne segue $\delta = \frac{1}{v^2}$, $\beta = v^2$.

L'*elettromagnetico* assume β e γ come numeri puri uguali all'unità, cioè come grandezze fondamentali; ne segue $\delta = 1$, $\alpha = v^2$.

L'*elettrodinamico* dall'ipotesi $\gamma = 1$, $\delta = 1$; ne risulta ancora $\beta = 1$, $\alpha = v^2$, e quindi coincide col precedente.

L'*elettrostatico-magnetico* di *Gauss* e *Hertz*, $\alpha = 1$, $\beta = 1$, $\gamma = \frac{1}{v}$, $\delta = \frac{1}{v^2}$.

Il sistema *Giorgi* infine, delle quattro $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$ assegna una sola, la γ, mentre l'altra grandezza arbitraria è scelta tra le elettriche, e precisamente è scelta la corrente. Ne risultano allora facilmente espressi i coefficienti α e β.

3. — Quando anche si adottasse quest'ultimo sistema, non pare dunque affatto necessario escludere tutti gli altri; anzi sarebbe sempre conveniente, per la maggior chiarezza, di premettere le considerazioni generali ora fatte ed accennare anche ai sistemi usati finora, e specialmente all'elettromagnetico, dal quale si dedurrebbe la definizione dell'Ampère, onde spiegare l'introduzione di questa grandezza speciale come unità arbitraria di corrente. Così, come nel parlare del metro non si ommette di ricordare la definizione primitiva dell'Accademia, nel parlare dell'unità arbitraria di corrente si potrebbe facilmente ricordare che essa fu definita come *la decima parte dell'unità elettromagnetica c. g. s.*

4. — Si è anche discusso se in luogo dell'*Ampère* non convenga scegliere come fondamentale un'altra delle grandezze elettriche; l'*Ohm*, ad esempio, presenta il vantaggio di una assegnazione pratica più concreta, quella data dal Congresso di Chicago del 1893; d'altra parte la resistenza elettrica non entra nelle equazioni fondamentali necessarie, le quali, rappresentando quelle azioni reciproche che servono a rivelarci gli enti che vogliamo misurare, sembrano prestarsi alle definizioni meglio che la legge di Joule e di Ohm, le quali si riferiscono ad una particolare proprietà di alcuni corpi (la conduttività). Si deve notare che la scelta dell'una o dell'altra di queste unità non è indifferente, poichè hanno entrambe, secondo le definizioni di Chicago, carattere di unità arbitrarie. Pare tuttavia alla Commissione che questo

non sia per la pratica un punto essenziale della questione, e che la decisione possa essere rimandata senza che si debba rinunciare all'idea fondamentale del sistema, quale si è esposta disopra.

5. — Si è detto che le costanti α e β vengono nel sistema Giorgi ad essere definite dalle cinque unità fondamentali L M T γ A (Ampère). A questo proposito si deve però notare che uno degli scopi che si propose il Giorgi, seguendo l'esempio dell' Heaviside e di altri, è di eliminare il fattore 4π da molte formole in cui esso compare; cioè, come alcuni hanno voluto esprimersi, di *razionalizzare* il sistema di unità. Non pare alla Commissione che sia conveniente questa espressione, giacchè la permanenza di detto fattore non ha nulla di irrazionale. Notato questo, è fuor di dubbio l'opportunità di eliminare un coefficiente ingombrante, e che già i pratici stessi tendono ad eliminare quando, ad esempio, esprimono semplicemente in ampère-spire le forze magnetomotrici. Viene così anche a diminuire il numero delle unità distinte, giacchè corrente e forza magneto-motrice, forza elettromotrice e corrente magnetica vengono ad essere misurate dalle medesime unità; onde ogni unità del gruppo magnetico si può ricondurre ad una del gruppo elettrico e viceversa.

Per giungere a questi risultati il Giorgi ammette, sebbene non esplicitamente, $\gamma = \frac{1}{4\pi}$ (*), posizione questa opportuna per raggiungere i vantaggi sopra notati, ma sempre arbitraria; non è inutile ricordarlo, perchè non si dia ad alcune delle eguaglianze che ne risultano (forza magneto-motrice = corrente, ecc.) una portata al di là di quanto effettivamente si deve loro attribuire.

Dalla posizione $\gamma = \frac{1}{4\pi}$ segue $\alpha\beta = \frac{v^2}{16\pi^2}$, che il Giorgi scrive $(\lambda_0 K_0)^{-1} = v^2$, introducendo, in luogo delle costanti α e β, $\frac{1}{4\pi\alpha}$ e $\frac{1}{4\pi\beta}$; sostituzione senza dubbio opportuna, perchè più conforme al moderno modo di considerare i fenomeni dell'elettromagnetismo, se-

(*) Infatti, dalla legge di Biot e Savart, $H = \gamma \frac{2i}{r}$ si deduce, considerando una linea di forza circolare, la forza magneto-motrice $\int H\,ds = 4\pi\gamma i$, che si riduce ad i per $\gamma = \frac{1}{4\pi}$.

condo il quale, piuttosto che le espressioni delle azioni a distanza, sono fondamentali per la loro maggior generalità i teoremi di Gauss e di Ampère.

6. — Fermiamoci ora un momento sulla scelta delle unità fondamentali di lunghezza di massa e di tempo.

È noto che Gauss e Weber adoperarono il millimetro ed il milligrammo; l'Associazione Britannica, dietro proposta di W. Thomson (Lord Kelvin), adottò il centimetro ed il grammo; queste unità non sono però opportune per la pratica; lo prova la necessità di adottare invece delle unità c. g. s. dei multipli di esse; oppure di fondare un nuovo sistema assoluto (il sistema tecnico), avente delle unità fondamentali assai stravaganti, come i 10^9 c. ed i 10^{-11} g. Si aggiunga che le unità tecniche non furono poi nemmeno estese a tutte le misure; ma per diverse grandezze si continuò ad adoperare il sistema c. g. s., rendendo così necessario l'uso frequente di diversi coefficienti di riduzione.

Ora, le unità di *elettricità*, di *corrente*, di *f. e., m.*, di *resistenza*, di *capacità*, di *induttanza*, che sono quelle di uso più frequente in elettrotecnica, sono perfettamente definite mediante una delle tre prime e mediante l'unità di lavoro (W), e quella di tempo mercè le relazioni:

$$e = i\,t \qquad V = i\,r \qquad W = V\,e \qquad e = C\,V \qquad W = \frac{1}{2}\,i^2\,L\,;$$

ad esempio, data i, la 1ª definisce e, la 3ª V, la 2ª r, la 4ª C, la 5ª L, e ciò qualunque sia il sistema assoluto, qualunque siano le unità di lunghezza e di massa, purchè riproducano quella scelta pel lavoro.

Tra questi sistemi c'è anche il pratico ($L = 10^9$ c., $M = 10^{-11}$ g.); ne segue che, senza modificare le unità elettriche e magnetiche del sistema pratico, si possono cambiare le unità fondamentali L ed M purchè si scelgano in modo che l'unità di lavoro rimanga il *joule*.

Se per unità di lunghezza si prendono 10^k cm., e per unità di massa $10^{k'}$ g., occorre che sia $2\,k + k' = 7$. A questa condizione si soddisfa, ad esempio, con $k = 2$, $k' = 3$, cioè prendendo per unità il *metro* ed il *kg.*

Il Giorgi ebbe appunto la felice idea di introdurre il metro ed il chilogrammo come unità fondamentali, lasciando inalterate le più importanti unità elettriche attualmente in uso. Ne viene così stabilito direttamente il sistema assoluto pratico, senza bisogno di passare per il c. g. s., e si ha inoltre il vantaggio di riferirsi ad unità realmente rappresentate dai campioni concreti del sistema metrico.

7. — Quanto all'applicazione pratica del nuovo sistema, gli esempi dati dal Giorgi nei supplementi alla sua Memoria dimostrano a sufficienza come i calcoli ne risultino notevolmente semplificati ed i valori numerici delle grandezze assai più maneggevoli. Va fatta eccezione per la induttività elettrica e magnetica sostituita alla permeabilità ed alla capacità induttiva specifica; ma in questo caso sarebbe forse conveniente mantenere nelle tabelle i valori attuali come valori relativi esprimenti il rapporto tra l'induttività di un mezzo e quella dell'etere libero, salvo ad introdurre poi, quando sia necessario, la costante dell'etere.

8. — Infine, quanto alla nomenclatura adottata dal Giorgi, la Commissione la giudica accettabile nel complesso, senza escludere l'opportunità di qualche modificazione, su cui però non pare per ora necessario di fermarsi, essendo scopo essenziale di questa Relazione di porre in rilievo i principii del nuovo sistema in relazione cogli antichi, e di metterne in evidenza i vantaggi, che ne consigliano l'introduzione nell'insegnamento e nella pratica. Solamente quando il sistema fosse entrato nell'uso, sarebbe opportuno riprendere la discussione sopra le questioni accessorie.

Conclusione.

Le proposte Giorgi consistono essenzialmente:

1° Nella razionalizzazione delle misure, ossia nella eliminazione del fattore 4π dalle formole dell'elettromagnetismo;

2° Nella scelta del metro, del chilogrammo e del secondo insieme ad una delle unità elettriche pratiche (ampère, coulomb, ohm, volt) come unità fondamentali.

Considerando che tali proposte eliminano effettivamente le incongruenze dei sistemi di misura finora usati, e semplificano notevolmente i calcoli pratici, *senza modificare le unità già in uso nella tecnica* per le misure di maggiore importanza,

La Commissione:

ritiene che il sistema Giorgi offra tutti i caratteri per poter venire con grande vantaggio sostituito agli attuali;

raccomanda che venga preso in considerazione nell'insegnamento, presentandolo nel modo più semplice, che ne mostri le relazioni cogli altri sistemi possibili;

fa voti che venga introdotto nella pratica;

rimanda a tempo più opportuno la discussione di altri particolari, che possono essere modificati in diversa guisa senza alterare sostanzialmente il sistema;

invita infine la Presidenza dell'A. E. I. ad occuparsi, d'accordo con quella della Società Italiana di Fisica, di diffondere anche all'estero il nuovo sistema, proponendo che la questione venga messa all'Ordine del giorno in un prossimo eventuale Congresso internazionale.

Grassi, *Presidente.* — Mette in discussione le conclusioni della Relazione ora letta.

Finzi: Ci è stato notificato stamani dalla Presidenza che le proposte della Commissione sono state discusse anche da una Commissione della Società di Fisica; ma a me pare sia lecito chiedere se un'adunanza di elettrotecnici italiani sia sufficiente per esprimere un decisivo parere su di un argomento di sì grande importanza, mentre poi non si è neanche avuto il tempo di studiarlo.

Per quanto la Relazione del prof. Ascoli sia lucida e chiara, io credo che tutti comprenderanno la difficoltà di ammettere questo sistema, di usarlo subito nella pratica, di promuoverne l'insegnamento nelle scuole. Inoltre non so se si possa ammettere che, per avere un andamento più semplice, si debba tralasciare un altro sistema che noi abbiamo sempre adoperato con l'uso del fattore 4π, che non porta a complicazioni.

Quanto poi all'insegnamento fatto col sistema Giorgi, esso condurrà all'inconveniente che gli scolari impareranno dalla cattedra un linguaggio diverso da quello della pratica. Quindi io, non sentendomi l'autorità sufficiente di fare una proposta neppure nel senso di una sospensiva, vorrei che altri, più competente e più autorevole di me, chiedesse almeno sia dato un po' di tempo per pesare maggiormente il valore di queste proposte.

Ascoli: Siccome furono proposti anche altri sistemi, mi pare che la cosa sia di qualche urgenza, perchè questi altri sistemi portano modificazioni parziali, avendo appunto lo scopo di evitare alcuni degli inconvenienti di quelli attuali e specialmente quello di sopprimere il fattore 4π senza però evitare gli altri inconvenienti cui è accennato nella Relazione. Qui invece abbiamo un sistema che si propone di evitarli tutti e dovrebbe perciò avere la precedenza.

Devesi poi notare che le unità pratiche rimangono nel sistema Giorgi

inalterate, quindi nella pratica non si troveranno poi quelle così gravi difficoltà da parte degli scolari, cui accennava testè il dottor Finzi.

Farò poi notare all'egregio preopinante che il sistema Giorgi è stato presentato nell'Assemblea dell'anno scorso; mi pare quindi sia trascorso tempo sufficiente per ponderarlo, mentre una Commissione di cinque persone l'ha studiato diligentemente e mi pare sia tempo ormai di concludere qualche cosa.

Finzi: Replicherò brevemente osservando che non mi pare dimostrata l'urgenza del perfezionamento proposto.

Di più, dato anche che lo studio fatto dimostri che il sistema del Giorgi sia, ad esempio, migliore di quello del Fessenden, non è escluso il dubbio che qualche altro sistema possa esser proposto, preferibile ancora a quello Giorgi, adesso che la questione è stata posta innanzi. Dobbiamo inoltre confessare che l'autorità dell'Italia in fatto di elettrotecnica non è forse la maggiore, nè possiamo pretendere che una simile proposta emanata da noi debba essere accetta alle altre nazioni. Concludo confermando che io non vorrei che le mie parole avessero l'effetto di arrestare l'opera intrapresa dall'A. E. I. e contraddire il parere di cinque persone molto più autorevoli di me: io desidererei solo che si venisse ad una sospensiva. L'opuscolo del Giorgi potrebbe anche essere tradotto in varie lingue, per modo che il sistema da lui proposto venga portato a conoscenza degli studiosi e competenti in materia degli altri paesi civili, e quindi più largamente studiato e discusso, e noi ci troveremmo allora in grado di poter meglio e più facilmente giudicare e decidere.

Ascoli: Le conclusioni della Commissione non sono così recise come appaiono al dottor Finzi. La Commissione si è limitata a fare delle *raccomandazioni.*

Sarebbe inutile, del resto, l'*ordinare* ai professori l'uso e l'insegnamento del sistema Giorgi, giacchè essi fanno sempre come vogliono. Si *raccomanda* e si *consiglia:* queste sono le parole della Commissione. E poi si invita anche la Presidenza a darne diffusione anche all'estero, proponendo che la quistione venga messa all'ordine del giorno in un eventuale prossimo Congresso internazionale, e da questo ne verrà la decisione, o meno, per l'adozione definitiva. Del resto, l'ing. Giorgi ha già pubblicato in proposito una sua nuova Relazione che, in parte, è stata messa sotto gli occhi della Commissione.

Silva: La quistione è della massima importanza e ritengo che la maggioranza sia incerta sul giudizio da dare. Io proporrei che si

pubblicasse prima il nuovo lavoro, ancora inedito, del Giorgi e la Relazione testè letta, e si rimandasse poi la decisione ad una prossima Assemblea generale.

Grassi, *Presidente.* Prego di voler riflettere alle considerazioni fatte nell'ultima replica del Collega Ascoli. Il dottor Finzi ha fatto obbiezioni che nessuno potè a meno di trovar assennate, ma io devo far osservare (se ve ne è bisogno) che queste riflessioni la Commissione le aveva già fatte. Il dottor Finzi ha detto che bisognerebbe vedere questo sistema in pratica per giudicare della bontà della sua applicazione; ma io gli osserverò che la Commissione ha pregato il Giorgi, di sviluppare il suo progetto in modo che la Commissione potesse vederne l'applicazione a casi particolari.

Del resto la Commissione non vi viene a dire di proclamare l'adozione del sistema Giorgi; ma essa vi raccomanda solamente di prenderlo in considerazione.

Lanino: La quistione riveste, a mio avviso, duplice carattere: da una parte sono coloro che se ne preoccupano dal lato pratico; dall'altra invece sono quelli che se ne occupano dal lato generale. A me sembra che essa assurga al carattere generale piuttosto che di dettaglio pratico. Che il bisogno della sistemazione delle unità di misura sia assoluto, non mi pare veramente; ma, indubbiamente, il sistema Giorgi presenta vantaggi grandissimi.

Credo pertanto che la proposta migliore sia quella che la quistione venga portata ad un prossimo Congresso internazionale, come proposta dell'A. E. I., tanto più che essendo ormai già più di un anno che se ne parla e che è stata pubblicata nei nostri *Atti*, chi ha voluto studiarla ne ha avuto, come la Commissione, largamente il tempo.

Finzi: Insisto sulla mia proposta di sospensiva.

Grassi, *Presidente:* Poichè la discussione è stata ampiamente svolta, metto ai voti la proposta di sospensiva, proposta dal dottor Finzi.

La proposta di sospensiva non ottiene che otto voti e rimangono approvate a grandissima maggioranza le conclusioni della Commissione.

Grassi, *Presidente.* — Dà lettura delle sue due Note:

a) « Sul calcolo delle dinamo e degli alternatori »;

b) « Di alcune proprietà dei trasformatori (*) ».

(*Applausi*).

(*) Le Note del prof. Grassi sono pubblicate nel presente fascicolo.

Esterle. — Legge la sua Relazione sul tema seguente: « Sull'interpretazione e sull'applicazione dell'art. 7 della Legge 11 luglio 1889 (Tassa fabbricati) agli impianti idro-elettrici, alle dinamo ed ai motori elettrici » (*).

(*Vivissimi applausi*).

Dopo un'importante discussione, cui prendono parte i Soci Cirita, Pinna, Giorgi, Scotti, Silva, Baer, Lauchard, De Andreis, ai quali risponde diffusamente ed ampiamente il Relatore accettando alcune modifiche di forma e qualche piccola aggiunta, di cui terrà conto nella stampa della sua Relazione, questa, messa ai voti dal Presidente, viene approvata ad unanimità.

Pinna, *Segretario generale:* L'argomento così competentemente svolto dall'ing. Esterle è della massima importanza e merita tutto il nostro interesse, essendo precipuo scopo della nostra Associazione quello di contribuire allo sviluppo industriale dell'elettrotecnica.

Io prego, e credo di rendermi interprete del sentimento generale, il nostro illustre Presidente di fare quanto sta in lui affinchè il voto unanime dell'Assemblea abbia prossima attuazione.

Grassi, *Presidente:* Non mancherò certamente di occuparmene e subito, e accogliendo, non solo la proposta del nostro Segretario generale, ma anche quella dell'on. De Andreis, presenterò personalmente al Presidente del Consiglio od al Ministro delle Finanze il voto della nostra Assemblea.

(*Approvazioni generali*).

Grassi, *Presidente:* È all'Ordine del giorno la proposta delle « *Onoranze a Guglielmo Marconi* ». Prego il Segretario generale di riferire in proposito.

Pinna, *Segretario generale:* Appena si ebbe la notizia che la Regia nave *Carlo Alberto* era giunta in Italia, il nostro Presidente telegrafò a Guglielmo Marconi, porgendogli il saluto degli elettrotecnici italiani ed esprimendogli i nostri sentimenti di ammirazione per l'indiscutibile, splendido successo delle sue esperienze. Il telegramma fu confermato con una lettera successiva nella quale il nostro Presidente invitava Marconi a prender parte alla nostra prossima riunione generale, onde conferire a questa maggior lustro e decoro, e procurare a tutti il piacere di averlo fra noi in questi giorni.

(*) La Relazione ESTERLE è pubblicata nel presente fascicolo.

I nuovi esperimenti intrapresi ora dal Marconi colla *Carlo Alberto* ci hanno privato della sua presenza a quest'Assemblea, mentre però dimostrano la tenacia nei propositi, il fermo volere e l'instancabile attività del nostro valorosissimo concittadino, il quale, qualunque abbia ad essere il risultato pratico finale delle sue invenzioni, ha già segnato con pietra miliare un grandissimo passo in avanti nelle conquiste civili dell'elettricità ed ha posto il suo nome accanto a quelli gloriosi dei grandi italiani Galvani, Volta e Ferraris.

Giunsero frattanto a questa Presidenza diverse proposte di onoranze e, fra le altre, una del prof. Mengarini, il quale proponeva di offrire a Marconi una riproduzione in argento della statua il « Genio di Franklin », del Monteverde; quanto alla spesa, preventivata in L. 5000, il Mengarini proponeva di coprirla con una sottoscrizione fra i Soci, che egli iniziava con un'offerta personale di L. 100. Ed altre proposte giunsero contemporaneamente e posteriormente, sulle quali trasvolo, limitandomi a dirvi che, per varie ragioni, nessuna di esse ci parve accettabile, mentre ci sembrò che la miglior cosa sarebbe quella di offrire a Marconi una targhetta d'oro che recasse sul verso la scritta: « *A Guglielmo Marconi l'Associazione Elettrotecnica Italiana - 1902* » e sul tergo un bassorilievo artistico simboleggiante la trasmissione eterea del pensiero.

Abbiamo commesso all'orefice Musy e allo scultore Rubino di prepararci un modello, salvo a confermare o meno la definitiva ordinazione dopo il voto dell'Assemblea. La targa rettangolare avrebbe la superficie di mm. 90 per 50 e lo spessore di 2 mm. circa.

Il valore degli artefici cui noi abbiamo conferito l'incarico è arra sicura che l'oggetto d'arte sarà degno dell'uomo che vogliamo onorare. La spesa, che sarà di circa L. 600, il conio compreso, potrà essere prelevata sul fondo patrimoniale, senza ricorrere a sottoscrizioni fra i Soci.

Prego ora l'Assemblea di voler concentrare la discussione su questi due punti:

1° Vogliamo onorare Guglielmo Marconi?

2° La forma di onoranza che vi proponiamo è sufficiente, oppure che cosa di diverso o di più si deve fare?

(*Applausi*).

Grassi, *Presidente*. — Nessuno avendo chiesta la parola, mette ai voti la proposta presentata dal Segretario generale, la quale risulta approvata all'unanimità.

Seduta del 1° Novembre.

La Seduta è aperta alle ore 9.

Grassi, *Presidente:* L'Ordine del giorno reca: « *Proposta circa al procedimento da seguirsi per le modificazioni allo Statuto* ». Come avrete appreso leggendo il verbale della Seduta del Consiglio generale del 28 giugno scorso, pubblicato nel fascicolo 4° degli *Atti* di quest'anno, si è notato come nel nostro Statuto non esista alcuna disposizione che regoli il procedimento da seguirsi quando qualche Socio o quando una Sezione desidera proporre una modifica allo Statuto. In generale le Associazioni simili alla nostra hanno sempre qualche disposizione, la quale stabilisce che le modificazioni allo Statuto debbono essere proposte, per essere prese in considerazione, da un determinato numero di Soci. Il nostro Consiglio non ha creduto di portare all'Assemblea una proposta concreta; ma solo di fare discutere la cosa, affinchè l'Assemblea stessa decida se le eventuali modificazioni dovranno essere proposte o da un'intera Sezione o da un certo numero di Soci appartenenti anche a Sezioni diverse. Il Consiglio ha creduto e crede indispensabile che l'Assemblea accolga e si affermi sopra una di queste due modalità, onde evitare che singoli Soci, come è già accaduto, abbiano a fare proposte che la Presidenza non ha potuto accettare di portare in discussione.

Panzarasa. — Sono d'accordo sull'opportunità di disciplinare e limitare questo diritto nei Soci a proporre modifiche allo Statuto; ma non vorrei si adottasse l'idea che le proposte debbano partire da una Sezione, perchè il concetto fondamentale della nostra Associazione non è quello di una Federazione od accolta di Sezioni, bensì quello di una unione di Soci. La divisione in Sezioni è stata ammessa, data la configurazione geografica del nostro paese, solo per facilitare le riunioni dei Soci; ma l'idea fondamentale deve rimanere quella che è realmente. Appunto perciò io propongo che le eventuali modifiche debbano essere proposte da un numero di almeno trenta Soci, senza distinzione di Sezioni.

Fumero: Mi associo in tutto a quanto ha esposto il Collega Panzarasa; ma vorrei che il numero dei Soci fosse portato a cinquanta.

De Andreis: Mi duole non essere d'accordo coi due egregi Consoci che mi hanno preceduto nel discutere questo argomento, perchè io ritengo che la Sezione non sia un semplice organo di comodità

locale: la Sezione è invece un vero organismo nell'organismo generale. Quindi io vorrei fosse rispettato il diritto di una sola Sezione, che può essere composta di soli venti Soci e proporrei che il diritto di chiedere una modifica sia lasciato ad una Sezione o ad un numero di venti Soci.

Ascoli: Vorrei osservare che, se ammettiamo questo diritto ad una Sezione, potrebbe accadere che la proposta raggiungesse un numero di Soci molto esiguo, perchè la deliberazione può essere presa da un'Assemblea in cui il numero degli intervenuti sia assai piccolo. Perciò se si vuole ammettere che le proposte possano venire dalle Sezioni bisognerebbe che queste fossero almeno due.

Lanino: Appoggio la proposta Panzarasa; ma vorrei anch'io che il numero dei Soci, per la validità di una proposta, fosse portato a 50, e mi associo a quanto ha detto il prof. Ascoli circa alle deliberazioni che possono essere prese da una Sezione. Per l'esperienza che ho di una piccola Sezione — non so che cosa avvenga nelle grandi — posso dire che le Assemblee non sono mai numerose e quindi bisogna evitare che una proposta possa essere ritenuta come emanazione di una Sezione, mentre potrebbe essere il risultato del desiderio di pochissimi Soci.

Ritengo poi anch'io che le Sezioni sono state istituite per necessità locali; ma il concetto fondamentale è quello di una sola ed unica grande Associazione.

De Andreis: Malgrado le opinioni contrarie manifestate dagli altri Colleghi, io insisto nel ritenere che la nostra Associazione è una Federazione di Sezioni autonome (bene inteso che io escludo ogni concetto politico alla parola: *Federazione*). Tanto è vero che ogni Sezione ha un Bilancio proprio e può variare la tassa pei Soci che le appartengono, purchè adempia ai suoi obblighi verso la sede centrale.

Se una Sezione è piccola non schiacciamola sotto il peso della intera Associazione: essa può avere bisogno di una modifica allo Statuto sociale, ed io le vorrei riservato il concetto d'iniziativa. Mantengo quindi la mia proposta e prego il Presidente di metterla ai voti.

Pinna, *Segretario generale:* Mi pare che la questione ora sollevata e che accalora gli animi sia alquanto oziosa. Che la nostra Associazione abbia il carattere federativo, come vuole l'amico De Andreis, oppure sia un ente unico, un'unica accolta di Soci, riuniti in Sezioni per necessità locali e tutti dipendenti da una sede centrale e non autonoma nel senso assoluto della parola, come vogliono i Col-

leghi Panzarasa e Lanino, e ai quali io pure mi associo, ciò poco può pesare nell'argomento che stiamo trattando. Come ha detto benissimo il nostro illustre Presidente, bisogna decidere quale sia la modalità più conveniente ed accetta alla maggioranza da stabilire nello Statuto, il quale non è chiaro al riguardo, perchè eventuali proposte di modifiche possano essere portate all'Assemblea. Con ciò si è voluto evitare che il desiderio di uno o di pochi Colleghi formi oggetto di lunghe ed inutili discussioni, senza che la proposta sia appoggiata da un numero abbastanza grande di Soci ed abbia perciò la probabilità di essere accetta.

Io penso che lo Statuto di un ente collettivo, quale il nostro, sia come un'arca santa che bisognerebbe toccare il meno possibile, e per questo occorre che le proposte di modifiche non abbiano da essere lasciate al capriccio di pochi Soci. Ciò potrebbe avvenire se ne ammettessimo il diritto ad una Sezione. L'ing. Lanino ha detto, per la esperienza che ha delle piccole Sezioni, che le Assemblee sono sempre ben poco numerose e così le deliberazioni s'informano sopra il giudizio di tre o quattro persone ed hanno molto spesso un'impronta alquanto personale piuttosto che collettiva. Io posso aggiungere che nelle grandi Sezioni accade spesso la stessa cosa.

Per questi motivi io sono contrario alla proposta De Andreis e presento la seguente dizione in aggiunta all'art. 22 dello Statuto:

« *Le modificazioni allo Statuto dovranno essere presentate alla Presidenza della Sede Centrale con proposta firmata da almeno 50 Soci* ».

Grassi, *Presidente:* Poichè l'ing. De Andreis mantiene la sua proposta, come aggiunta alla precedente: « *oppure da una Sezione* », la metterò ai voti dopo quella ora presentata.

La proposta formulata dall'ing. Pinna è approvata a notevole maggioranza; è invece respinta l'aggiunta dell'on. De Andreis.

Grassi, *Presidente:* Prego l'ing. Giorgi di dar lettura delle sue due Memorie all'Ordine del giorno.

Giorgi: Legge ed illustra con opportune spiegazioni le Note seguenti:

a) « I fondamenti delle teorie delle grandezze elettriche »;
b) « Il funzionamento del rocchetto di Ruhmkorff (*) ».

(*Applausi*).

Grassi: Sarebbe interessante sapere se, quando nel rocchetto d'induzione ideato dall'ing. Giorgi, l'interferro va aumentando o diminuendo, rispetto al valore che corrisponde al massimo effetto, l'effetto che si ottiene va diminuendo rapidamente o lentamente; in altre parole se il massimo è molto o poco accentuato.

Segue una breve discussione, alla quale prende parte anche il Socio Ascoli, per ricordare alcune esperienze da lui eseguite già da tempo e dalle quali sembra si potrebbe concludere che il massimo sia piuttosto marcato.

Grassi, *Presidente:* Ringrazio l'ing. Giorgi delle sue dotte Letture.
L'Ordine del giorno recherebbe ora la Lettura dell'ing. Ezio Cianetti « Sulla purificazione dei sughi di barbabietola per mezzo dell'elettrodialisi », ma avendo egli stimato opportuno di pubblicare la sua Nota nel fascicolo della « Rivista Tecnica », dello scorso ottobre, la Lettura deve venire soppressa in ossequio al principio che le Comunicazioni devono essere originali. Al posto della Nota del Cianetti non sarà discaro all'Assemblea di permettere all'ing. Pietro Verole d'intrattenerla brevemente sopra la « Relazione fra le proprietà meccaniche e quelle elettriche e magnetiche dei ferri e degli acciai », e gli dò quindi la parola.

Verole. — Legge la Nota citata dal Presidente (**).

(*Applausi*).

Grassi, *Presidente*. — Ringrazia l'ing. Verole della sua interessante Comunicazione, ed essendo mezzogiorno scioglie la Seduta.

(*) La Nota sopra « Il funzionamento del rocchetto di Ruhmkorff » è pubblicata nel presente fascicolo. Invece quella sopra « I fondamenti delle teorie delle grandezze elettriche » non è stata pubblicata perchè l'autore non ha potuto ancora trasmetterne il testo completo.

(**) La Nota dell'ing. Verole è pubblicata nel presente fascicolo.

Seduta pomeridiana.

Il **Presidente** apre la Seduta alle ore 15 e dà la parola all'ing. Secondo Sacerdote per lo svolgimento della sua Conferenza all'Ordine del giorno.

Sacerdote. — Legge la sua Comunicazione sopra « Il variatore di corrente e le sue applicazioni » (*).

(*Applausi*).

Grassi, *Presidente.* — Ringrazia l'ing. Sacerdote della sua importante Comunicazione, seguita con tanto interesse dall'Assemblea e, poichè nessuno ha chiesto la parola in merito, prega l'ing. Giuseppe Cristoforis di dar lettura della sua Nota su « Le batterie di accumulatori a distanza ».

Cristoforis. — Legge la Nota ora accennata (**).

(*Applausi*).

Grassi, *Presidente.* — Ringrazia l'ing. Cristoforis della sua interessante Lettura e, poichè nessuno ha chiesto la parola per chiedere maggiori schiarimenti o presentare osservazioni, si procederà nell'Ordine del giorno che reca: *Presentazione e discussione dei conti a termini dell'art. 15 dello Statuto Sociale.* Prima di dar lettura del Bilancio egli crede necessario di annunziare che la Sezione di Firenze ha presentato una mozione intesa a stabilire una riduzione della quota che le Sezioni pagano alla Sede Centrale per ogni Socio, ciò che verrebbe a modificare sostanzialmente l'art. 8 dello Statuto sociale. L'Assemblea deve ora decidere se la mozione della Sezione di Firenze dovrà essere discussa prima o dopo i Bilanci.

(*Dopo discussione l'Assemblea decide che la proposta della Sezione di Firenze venga trattata dopo*).

(*) La Comunicazione dell'ing. SACERDOTE è pubblicata nel presente fascicolo.

(**) La Nota dell'ing. CRISTOFORIS non è stata pubblicata negli *Atti* perchè l'Autore non ne ha ancora mandato il testo completo.

Artom, *Cassiere*. — Presenta i Bilanci qui allegati e dà lettura della seguente

RELAZIONE

Egregi Colleghi,

Mi reco ad onore di sottoporre alla benevola vostra approvazione la situazione finanziaria della nostra Associazione quale rileverete dagli allegati seguenti:

1) il Rendiconto dell'Esercizio 1901;

2) il Conto preventivo 1902 quale venne approvato all'Assemblea di Roma;

3) il Conto preventivo dell'Esercizio 1903;

4) la situazione finanziaria del corrente Esercizio 1902 provvisoriamente chiusa al 31 ottobre 1902.

Sul rendiconto del passato Esercizio 1901 avranno a riferirvi gli egregi Colleghi nostri prof. Ferrari ed ing. Segrè, ai quali, a norma dello Statuto, fu data visione della contabilità.

Tale conto si chiude con un saldo attivo di L. 7173, cioè si ebbe un avanzo notevolmente più alto a quello di L. 4400, che prudentemente era stato previsto e sul quale appunto è basato il conto preventivo del 1903, che seguendo la consuetudine vi presentiamo.

Come potrete però constatare dalla reale situazione al 31 ottobre p. p. che vi fu pure distribuita, le condizioni effettive del Bilancio sono fortunatamente assai migliori di quelle previste.

Infatti al 31 ottobre 1902 noi avevamo l'attivo costituito da contanti per la somma di L. 8941,56 depositate in conto corrente, e L. 2839 di crediti costituenti un'attività totale di L. 11.781.

Da queste deducendo le spese previste in L. 2100 e quelle per la stampa di un prossimo fascicolo, noi possiamo affermare che tale Bilancio si potrà chiudere con una rimanenza attiva di lire ottomila.

Se quindi non verranno apportate grandi modificazioni alle basi finanziarie su cui poggia il Bilancio della Sede Centrale, è lecito sperare in una buona situazione economica, la quale permetterà alla nostra Associazione Elettrotecnica di continuare a svolgere l'opera sua in modo attivo ed efficace in favore dei progressi delle applicazioni elettrotecniche.

RENDICONTO FINANZIARIO

RENDICONTO FINA

ENTRATA.

		PREVENTIVO	CONSUNTIVO
Saldo Conto precedente	L.	3000.—	2957.—
Contributo Soci	»	9000.—	9180.—
Vendita *Atti* e pubblicità	»	350.—	793.—
Interessi	»	50.—	120.51
Rifusione spese di stampa	»	—	197.60
	L.	12400.—	13248.11

CONTO PREVENTIVO ESERCIZIO 1902

(approvato alla riunione di Roma nella Seduta del 12 ottobre 1901)

ENTRATA.

Avanzo 1901	L.	4400
Quote sociali	»	9000
Réclame e vendita *Atti*	»	500
Interessi	»	25
	L.	13925

USCITA.

Pubblicazione e spedizione *Atti*	L.	6000
Stampa Elenco Soci — Tessere	»	200
Cancelleria	»	50
Spese postali	»	200
Amministrazione	»	600
Contributo fitto Sezione di Torino	»	2[illegible]
Riunione annuale	»	500
Imprevisti e quote inesigibili	»	300
Stanziamento per premi fra i Soci	»	10[illegible]
Saldo	»	48[illegible]
	L.	13[illegible]

Torino, ottobre 1902.

Il Cassiere

ING. ALESSANDRO ARTOM.

Il Presidente

PROF. GUIDO GRASSI

ZIARIO — ESERCIZIO 1901.

USCITA.

		PREVENTIVO	CONSUNTIVO
Pubblicazione *Atti* e spedizione	L.	5000.—	4248.98
Cancelleria	»	200.—	8.50
Spese postali	»	200.—	168.93
Amministrazione	»	2000.—	600.—
Contributo fitto Sezione Torino	»	200.—	200.—
Spese varie	»	200.—	46.45
Quote inesigibili	»	200.—	260.—
Stampa Elenco Soci — Tessere — Circolari	»	—	339.50
Riunione annuale	»	—	202.70
Saldo: Contanti in Cassa L. 7063.05 — Crediti L. 110.—	»	4400.—	7173.05
	L.	12400.—	13248.11

CONTO PREVENTIVO ESERCIZIO 1803

(basato sulla situazione di Cassa al 1° ottobre 1902)

ENTRATA.

Avanzo 1902	L.	4875
Quote sociali	»	10000
Réclame e vendita *Atti*	»	500
Interessi	»	125
	L.	15500

USCITA.

Pubblicazione e spedizione *Atti*	L.	6000
Stampa Elenco Soci — Tessere	»	500
Cancelleria	»	50
Spese postali	»	200
Amministrazione	»	600
Contributo fitto Sezione	»	200
Riunione annuale	»	500
Imprevisti e quote inesigibili	»	300
Stanziamento per premi fra i Soci	»	1500
Saldo	»	5650
	L.	15500

Il Segretario generale

ING. RAFFAELE PINNA.

Segrè, *Revisore.* — Dà lettura della

RELAZIONE DEI REVISORI DEI CONTI.

Egregi Colleghi,

Riconfermati dalla vostra fiducia nel mandato di Revisori dei conti dell'Associazione, onore di cui vivamente vi ringraziamo, procedemmo al nostro còmpito con scrupoloso lavoro, agevolati dalle ampie e chiare spiegazioni avute dai benemeriti ing. Raffaele Pinna, Segretario generale, ed ing. Alessandro Artom, Cassiere.

Abbiamo trovato una lodevole e perfetta tenuta dei documenti e dei libri, la contabilità in assoluto ordine e riteniamo degni della vostra approvazione i Bilanci presentativi, manifestandovi la nostra viva soddisfazione per la ragguardevole riserva attiva che si è andata formando, frutto della saggia ed oculata opera amministrativa dell'attuale Presidenza.

Il notevole confortante accrescersi del numero dei Soci, il continuo miglioramento portato nella redazione degli *Atti*, per cui essi ormai hanno sempre maggior diffusione, ci rendono persuasi che le entrate dovute alla pubblicità possano raggiungere tale cifra da coprire in gran parte le spese di stampa, come in altre consimili pubblicazioni.

Per quanto sia relativamente piccola l'entità delle quote inesigibili, essa ha attirato tuttavia la nostra attenzione. Tale capitolo non dovrebbe esistere nella A. E. I. A tale proposito crediamo che debbano essere dalla Sede Centrale determinate, in modo uniforme per tutte le Sezioni, le norme per la dichiarazione dei Soci morosi. È questa una piaga che poco ha inquinato l'A. E. I.; ma è doloroso che essa esista, sia pure in piccole proporzioni. È perciò che, considerato il breve tempo per il quale dura l'impegno sociale, la larghezza con cui lo Statuto permette la presentazione delle dimissioni, vorremmo che si trovasse modo di porvi freno con mezzi efficaci. A tale proposito pensiamo che, per considerazioni di ordine più elevato, sarebbe forse il caso di studiare se non sia opportuno chiedere il decreto per erigere l'Associazione in ente morale.

Prima di porre termine a questa breve Relazione sentiamo il dovere di esprimere i ben meritati ringraziamenti al Presidente prof. Guido Grassi ed al Segretario generale ing. Raffaele Pinna, i quali con intelligente attività proseguirono lo sviluppo della A. E. I. Questa, su-

perati ostacoli non lievi, consolidata in vita rigogliosa, raggiungerà sicuramente i nobili fini che erano nella mente del suo grande fondatore Galileo Ferraris.

Grassi, *Presidente:* Prima di mettere ai voti il Bilancio consuntivo 1901 e la Relazione dei Revisori, debbo dichiarare che questa Presidenza non ritiene di avere i meriti che le si vollero attribuire, poichè le buoni condizioni del nostro Bilancio sono dovute, oltre che ad una doverosa rigidità nell'Amministrazione, al fatto del progressivo costante aumento nel numero dei Soci.

De Andreis: Credo di farmi interprete del sentimento unanime dell'Assemblea nel proporre un voto di ringraziamento al Presidente ed al Segretario generale, perchè tutti gli atti della loro Amministrazione in questi tre anni trascorsi sono sempre stati informati alla più grande attività, alla massima diligenza e ad una bene intesa economia. Stimo quindi che essi non possono sfuggire al plauso che ben si meritano e che loro, a nome di tutti i Colleghi, sono lieto di tributare.

(*Vivissimi ed unanimi applausi*).

Grassi, *Presidente.* — Mette ai voti la Relazione dei revisori e il Bilancio consuntivo del 1901, i quali risultano approvati all'unanimità, dandosi atto che il Presidente, il Segretario generale ed il Cassiere si sono astenuti dal voto.

Pinna, *Segretario generale.* — Dà lettura del Bilancio preventivo pel 1903, avvertendo che il saldo attivo, risultante in L. 5650, verrà ad essere notevolmente superiore, imperocchè il preventivo è basato sopra un avanzo, al 31 dicembre 1902 in L. 4875, come da Bilancio preventivo 1902, approvato dall'Assemblea di Roma dello scorso anno, mentre la situazione odierna assicura un' saldo ben superiore, come appare dal seguente specchio, che viene distribuito ai Soci.

Situazione al 31 ottobre 1902.

Entrata.			*Uscita.*		
Contanti al 31 Dicembre 1901 L.	7063	05	Stampa *Atti* e spedizione . . L.	5172	96
Crediti esatti. . . . . . . »	70	»	Cancelleria . . . . »	30	»
Contributo Sezioni, già incassato . . . . »	7420	»	Spese postali. . . . . »	192	45
Réclame e vendita *Atti*. . . »	712	»	Amministrazione . . . . . »	500	»
Interessi e sconti . . . . . »	127	81	Contributo fitto alla Sez. Torino »	200	»
Rifusione spese . . . . »	384	30	Spese varie . . . . »	9	52
			Stampa Circolari, Tessere ed Elenco Soci . . . . »	482	30
			Partite a liquidarsi colla Sezione di Torino . . . . . »	248	37
			Contanti in Conto Corrente presso la Banca Commerciale Italiana, come da Libretto N. 2653, intestato all'ingegnere A. Artom . . . . . »	8941	56
L.	15777	16	L.	15777	16

Stato Patrimoniale.

Contanti in Conto Corrente . . . . L.		8941	56
Crediti: Per quote, Sezione di Torino . . . . . . L. 620 »			
» » Milano . . . . . . » 50 »			
» » Genova . . . . . . » 120 »			
» » Bologna . . . . . » 370 »			
» » Roma . . . . . . » 520 »	. . . . . . »	2630	»
» » Napoli . . . . . . » 310 »			
» » Palermo . . . . . » 320 »			
» » Firenze . . . . . . » 320 »			
» Réclame sugli *Atti*.	»	134	»
» Rifusione spese di stampa	»	26	50
» Vendita *Atti*	»	49	»
» Partite a liquidarsi colla Sezione di Torino.	»	248	37
	L.	12029	43
Debiti: Premio ai Soci . . . . L. 1000 »			
» Spese preventivate per la Riunione annuale . » 500 »	. . . . . . »	2100	»
» Medaglia da offrirsi a Guglielmo Marconi . » 600 »			
Totale Attivo	L.	9929	43

Pinna, *Segretario generale*. — Nel compilare il preventivo 1903, noi abbiamo dovuto prevedere, all'uscita, una somma di L. 1500 per « premi ai Soci », secondo il deliberato dell'Assemblea di Roma; ma riteniamo che questo stanziamento verrà radiato, constandoci che alcuni di voi ne vogliono fare oggi proposta formale. In questa ipotesi abbiamo lasciato una somma di sole L. 6000 per « pubblicazioni e spedizioni *Atti* », mentre, come vedete dalla situazione, al 31 ottobre già in quest'anno pei primi 4 fascicoli del VI Volume, se ne sono spese 5000, e si raggiungerà la cifra di circa 7500 lire con quanto rimane ancora a pubblicarsi. Il solo materiale relativo a quest'Assemblea è tale da dar luogo a un fascicolo assai voluminoso. Non credo di dover aggiungere altri particolari per ora, pronto a rispondere a tutte le domande che saranno per rivolgermi i Colleghi.

Panzarasa: Desidero sapere perchè non si è tenuto conto, nella compilazione dei bilanci, della raccomandazione da me fatta l'anno scorso a Roma di comprendere uno *Stato patrimoniale*.

Pinna, *Segretario generale:* Il desiderio del collega Panzarasa è stato soddisfatto collo specchio che vi abbiamo presentato, allegato alla situazione al 31 ottobre, ossia a tutto ieri. I nostri successori potranno poi presentarne un altro nell'Assemblea del 1903, relativo al 31 dicembre 1902.

Panzarasa. — Desidero sia preso atto di questa mia raccomandazione di compilare uno stato patrimoniale assieme ad ogni Bilancio consuntivo. Propongo poi di portare la spesa per gli *Atti* a 7500 lire, e quella per l'Amministrazione a L. 1000, almeno.

Quanto all'aumento per la pubblicazione e spedizioni *Atti*, esso è giustificato dall'attività ognor crescente della nostra Associazione e dall'aumento nel numero dei Soci e dalle cifre del consuntivo a tutto ieri, che la nostra Amministrazione centrale ha voluto presentarci con lodevole zelo e con straordinaria puntualità; l'aumento nelle spese di Amministrazione è giustificato dalla considerazione che non possiamo continuare a pretendere che il futuro Segretario generale faccia i sacrifizi che certo si è imposto l'ing. Pinna, a cui le spese di Segreteria ed Amministrazione devono aver costato certo più di 600 lire.

Ascoli: Poichè l'ing. Pinna ha accennato a probabili proposte che verranno oggi fatte per la radiazione delle L. 1500 di premio ai Soci pei lavori da essi pubblicati negli *Atti*, propongo che siano mantenute le L. 1500, ma non per premio ai Soci, bensì per premiare le Sezioni che avranno dato maggior contributo morale e materiale.

Pescetto: Propongo sia aumentata la somma preventivata come « imprevisti » in causa dei ricevimenti in occasione della prossima visita in Italia degli elettricisti inglesi.

Segre: Ritengo che la cifra degli imprevisti dovrà essere aumentata anche per le spese che l'Associazione dovrà incontrare in occasione dell'inaugurazione del monumento a Ferraris.

Grassi, *Presidente:* Voi già sapete che l'inaugurazione del monumento a Ferraris è stata rimandata alla prossima primavera; in questa circostanza la nostra Associazione deporrà sul monumento — per deliberazione del Consiglio generale — un ricordo duraturo, da collocarsi sul basamento, sotto forma di una targa in bronzo o di una corona, che abbia anche un certo valore artistico; ma ritengo che la spesa relativa, la quale non sarà considerevole, non dovrà essere calcolata sugli imprevisti; ma potrà facilmente prelevarsi dal nostro fondo patrimoniale.

Quanto poi allo stanziamento delle 1500 lire per premi ai Soci, dichiaro — a nome della Presidenza — che non avrei nulla in contrario a che fosse cancellato.

Rumi: Non sono d'accordo coll'ing. Panzarasa nell'aumento delle spese per gli *Atti*, e propongo invece di mantenere lo stanziamento di L. 6000, come aveva segnato la Presidenza; propongo anche di mantenere in L. 600 le spese di Amministrazione. Approvo invece la radiazione della spesa di L. 1500 per premio ai Soci, non essendo d'accordo col prof. Ascoli nell'accordarlo invece alle Sezioni. Faccio dunque formale proposta per la cancellazione di questa spesa, revocando così la deliberazione che fu presa a debolissima maggioranza dall'Assemblea di Roma.

Grassi, *Presidente.* — Chiude la discussione e mette ai voti, articolo per articolo, il Bilancio preventivo 1903. L'Entrata è approvata, come presentata dalla Presidenza. L'Uscita risulta modificata come segue:

Pubblicazione e spedizione *Atti*	L.	7000
Stampa Elenco Soci e tessere	»	500
Cancelleria	»	50
Spese postali e telegrafiche	»	200
Amministrazione	»	600
Contributo fitto Sezione	»	200
Riunione annuale, circolari, ecc.	»	500
Imprevisti e quote inesigibili	»	500
Totale Uscita pel 1903	L.	9550

Grassi, *Presidente.* — Dà la parola al socio ing. Giorgio Santarelli per la presentazione della proposta relativa ad un'eventuale riduzione di quota alla Sede centrale.

Santarelli. — Legge la seguente proposta che, oltre ad alcuni Soci di Firenze, ha avuto l'appoggio di diversi altri:

« I sottoscritti propongono che l'Assemblea inviti il Consiglio generale dell'Associazione a sottoporre entro il più breve tempo possibile al *referendum* sociale la seguente proposta:

« L'art. 8 dello Statuto sociale è modificato come segue:

« Ogni Sezione verserà alla Cassa della Sede centrale L. 10 per ciascuno dei primi 10 Soci collettivi della Sezione medesima, e L. 20 per ciascuno dei seguenti. Per i Soci individuali, la quota da corrispondersi alla Sede centrale sarà di L. 6 per ognuno dei primi 50, L. 8 per quelli dal n. 51 al 100, e L. 10 per ogni Socio oltre i 100.

« Tale modificazione avrà valore a partire dal 1° gennaio 1903 ».

Firmati:

Ing. SANTARELLI,	*Sezione di*	*Firenze*
Dott. PASQUALINI,	»	»
Dott. O. SCARPA,	»	»
Ing. E. CORSINI,	»	»
Prof. L. FERRARIS,	»	*Torino*
Prof. A. BANTI,	»	*Roma*
Ing. I. BRUNELLI,	»	»
Prof. S. RUMI,	»	*Genova*
Ing. M. BONGHI,	»	*Napoli*
Ing. OTTONE,	»	*Palermo*

Santarelli: Già da alcuni mesi noi della Sezione di Firenze ci siamo messi in rapporto con altre Sezioni per un'azione comune intesa allo scopo di ottenere questa riduzione e, dopo l'adesione di Genova, ci pervenne da Roma la proposta di stabilire una quota progressiva nel senso che le piccole Sezioni, cioè quelle composte di un minor numero di Soci, dovessero pagare una quota minore.....

Ascoli: La Sezione di Roma ha respinta in seduta plenaria la proposta cui accenna l'ing. Santarelli; non si deve quindi parlarne come di una proposta della Sezione, bensì di qualche Socio facente parte della Sezione stessa.

Santarelli: Lo scopo della proposta che noi oggi presentiamo è unicamente quello di permettere alle piccole Sezioni di poter vivere e prosperare, nè ci trattiene il timore d'indebolire la Sede Centrale, poichè dallo specchio presentatoci dal collega Pinna abbiamo visto che, in grazia della lodevolissima amministrazione, in questi ultimi tre anni la sua situazione è divenuta brillantissima, tanto che nel frattempo si è non solo colmato il *deficit* di circa tremila lire lasciate dalla passata Amministrazione, ma si è per di più messo da parte un fondo di otto e più mila lire; mentre si è dato maggiore sviluppo alla pubblicazione degli *Atti*, si sono resi più frequenti i rapporti della Sede Centrale coi Soci per mezzo di numerose circolari, si fanno loro conoscere sollecitamente i deliberati del Consiglio generale, ecc., ecc.

Questa riduzione di tassa che darebbe modo di prosperare alle piccole Sezioni, ed altre ne incoraggerebbe a formarsi, si tradurrebbe in sostanza ad un minor introito per la Sede Centrale di L. 2000. E siccome 1500 si sono già economizzate colla soppressione — unanimemente oggi votata — dello stanziamento per premi ai Soci, mi pare si vada incontro ad una differenza che non debba destare preoccupazioni per l'avvenire della Sede Centrale.

Ascoli: Io sono assolutamente contrario ad ogni riduzione di quota alla Sede Centrale; l'ho detto a Roma e lo ripeto qui e credo che la mia opinione possa essere giustificata in molti modi. È vero che lo Statuto permette la formazione di una Sezione con un numero minimo di venti Soci; ma è ciò praticamente possibile e conveniente? Una Sezione con così pochi Soci non potrà mai fondare una Sede, formare una biblioteca, ecc.; bisogna che le piccole Sezioni, le quali hanno un numero limitato di Soci, si rassegnino a vivere della vita comune di tutta l'Associazione, senza far spese superiori ai proprii mezzi, alle quali non potrebbero mai far fronte, qualunque fosse per essere la riduzione di quota alla Sede Centrale.

Conosco a fondo una Sezione, di cui ho il vanto di essere Presidente da sei anni, la quale è passata per diverse fasi. Per circa due anni il numero dei suoi Soci era di cinquanta e non si trovava modo di aumentarlo; allora io pensai che occorreva, onde avere un maggior sviluppo, di *creare* anzichè *dirigere* il lavoro dei Soci. Si iniziò allora un Corso di conferenze pubbliche e questo mezzo fruttò subito l'iscrizione di un numero di Soci quasi uguale a quello già esistente, numero che crebbe ancora a poco a poco, tanto che in tre anni siamo arrivati a 150 Soci.

I conferenzieri, dapprima cercati, si presentarono spontaneamente

nell'anno successivo, e nel terzo si fu persino costretti a rifiutare alcune conferenze. Si era fissato il numero delle sedute ad una al mese e si dovette invece farne due, giacchè una non era più sufficiente. Con questo e con altri mezzi io credo dunque si possa giunger meglio a dar incremento ad una Sezione, come del resto a qualunque Associazione, che non colla riduzione della quota, quando questa — come nel caso nostro — si mantiene in limiti così modesti.

Siccome poi siamo un'Associazione giovane, dobbiamo vedere come si comportano quelle similari estere: l'Associazione Inglese, ad esempio, organizza tutti gli anni un gran viaggio; i Soci pagano alla Sede Centrale quattro sterline, cioè 100 lire, e adesso si propone di aumentare questa quota. Vi sono anzi dei fondi straordinari destinati alla fabbricazione di un palazzo e c'è una categoria di Soci studenti, categoria che noi non abbiamo neppur tentato di fare. Inoltre studiando il bilancio di quest'Associazione Inglese si può constatare che, man mano che il numero dei Soci aumenta, aumenta rapidamente la spesa percentuale per ogni Socio.

In conclusione, io sono piuttosto d'avviso di aumentare la quota anzichè diminuirla.

Pinna, *Segretario generale:* Associandomi in tutto e per tutto alle considerazioni così bene espresse dal prof. Ascoli, devo combattere con tutte le forze dell'animo la proposta presentata dal collega Santarelli a nome della Sezione di Firenze e di alcuni altri Soci. L'ora è tarda e non voglio dilungarmi, sebbene molte cose vi sarebbero ancora da dire; mi basterà l'insistere sul punto accennato dall'egregio preopinante, e l'esperienza acquisita in questi tre anni, nei quali ho modestamente retta la carica a cui la vostra fiducia mi ha chiamato, me lo dimostra, che, cioè, anche nella nostra Associazione come in tutte le altre, la spesa per ogni Socio aumenta col crescere del numero dei Soci.

L'amico Santarelli ha detto che la proposta di riduzione di quota alla Sede Centrale cagionerebbe a questa un minor introito di L. 2000. Invece la somma è notevolmente più forte, come appare dallo specchio seguente, in cui vedrete ciò che pagano le Sezioni col numero di Soci ad essi iscritti a tutto oggi e ciò che pagherebbero ove la proposta come formulata dal Santarelli ed altri fosse approvata.

Sezioni	Numero attuale		Quota attuale	Quota ridotta
	Soci individuali	Soci collettivi		
			L.	L.
Torino.	158	20	1980	1580
Milano	231	55	3410	3010
Genova.	58	7	720	434
Bologna	68	2	720	444
Firenze	57	—	570	356
Roma	133	14	1610	1210
Napoli.	50	6	620	360
Palermo	50	6	620	360
			10250	7754

E quindi il minor introito della Sede centrale verrebbe ad essere di L. 2496, che è una somma considerevole e rappresenta un danno assai rilevante, mentre il vantaggio che ne ricaverebbero le piccole Sezioni sarebbe insignificante. Io non comprendo come il Collega Santarelli, che ha pure tanto entusiasmo per la nostra Associazione, non si periti di volerla mettere nel caso di dover morire, mentre il vantaggio che recherebbe alla Sezione di Firenze è insignificante.

Ma io credo che i proponenti non abbiano posto mente ad una cosa essenzialissima, e cioè che *la loro proposta ci porterebbe ad un bilancio passivo:* difatti noi abbiamo oggi votato un preventivo pel 1903 che comprende un'uscita ammontante a *L. 9550*, in cui le spese sono state ridotte al minimo. Se riduciamo le quote a sole *L. 7754*, come vogliono Santarelli e comp., ed a queste aggiungiamo pure 625 lire fra introiti per *réclame*, vendita *Atti* e interessi, arriviamo ad un totale di *8379* lire e quindi ad uno *sbilancio passivo di L. 1200 circa.* E così in pochissimi anni il fondo patrimoniale (non troppo lauto del resto per una grande Associazione come la nostra) se ne andrebbe. Ecco perchè ho detto che la proposta ora in discussione sarebbe destinata a far morire la nostra Associazione, ciò che non può essere nell'animo di nessuno di noi. Per tale motivo — e tanti altri vi sarebbero da dire, ma a questo mi limito — io spero che la proposta riduzione verrà respinta da quest'Assemblea.

Panzarasa. — Combatte egli pure la proposta e prega i proponenti a ritirarla.

Rumi e Santarelli. — Dichiarano di mantenerla ed aggiungono parole in appoggio.

(Voci: *Chiusura*).

Grassi, *Presidente:* Dichiaro chiusa la discussione; ma prima di mettere ai voti la proposta Santarelli dirò brevemente che io non la ritengo attuabile, anzi sommamente dannosa perchè, come è stato dimostrato coll'eloquenza delle cifre, ci porterebbe a un *deficit.*

Io, come Presidente, mi asterrò dal prender parte al voto per ragioni di delicatezza; ma mi vorrete permettere di esprimere l'augurio che la proposta venga respinta. Noi tutti amiamo la nostra bella Associazione e dobbiamo dimostrarlo coi fatti e, all'occorrenza, col sacrificio. Non invano spero di aver fatto appello al vostro affetto per l'Associazione.

(*La proposta Santarelli ed altri, messa ai voti, dopo prova e controprova, è respinta a debole maggioranza*).

Jona: Prima di separarci, rendendomi interprete del sentimento generale, esprimo a nome di tutti i Colleghi un caldo ringraziamento all'illustre prof. Grassi, all'ing. Pinna ed all'ing. Artom per l'opera da essi prestata nelle rispettive cariche di Presidente, Segretario generale e Cassiere in questi ultimi tre anni. Noi siamo gratissimi all'attuale Presidenza per aver essa portata la nostra Associazione ad un grado tale di prosperità e di importanza che ne assicura uno splendido avvenire.

(*Applausi vivissimi*).

Grassi, *Presidente.* — Ringrazia, anche a nome dei Colleghi della Presidenza, ripete che quel poco che si è potuto fare è dovuto essenzialmente al concorso volonteroso prestato da tutti e con un caloroso evviva all'Associazione Elettrotecnica Italiana dichiara chiusa la VI Assemblea generale, alle ore 18.30.

* * *

A seconda del programma ebbero luogo nei giorni successivi le visite agli impianti della Stazione centrale delle Società Belga e Torinese dei Tramways di Torino, di quella della Società Elettricità Alta Italia nella via Bologna in Torino, del grandioso impianto di Pian Funghera (Valli di Lanzo) della Società stessa, e dello Stabilimento di Costruzioni Elettromeccaniche della Società Elettrotecnica (già ing. Morelli, Franco e Bonamico). È superfluo il dire che ovunque

i nostri Soci furono accolti colla massima cordialità e con ogni sorta di cortesie, di cui essi serberanno lieto e grato ricordo.

Il relatore del presente verbale si rende interprete dei sentimenti di tutti i Colleghi porgendo qui un vivissimo ringraziamento, che valga come memore tributo della loro riconoscenza, ai signori:

Cav. ing. Schultz e cav. avv. Arcozzi-Masino, direttori della Società Elettricità Alta Italia; comm. Dumontel, Presidente della Società Elettrotecnica e cav. prof. Morelli, direttore generale della Società stessa; cav. Lauchard, direttore delle Società Belga e Torinese dei Tramways di Torino, i quali tutti riuniscono le qualità di valentissimi tecnici ed amministratori e di persone squisitamente gentili.

Un ringraziamento va pure espresso al valente Comitato amministrativo dell'Esposizione Internazionale di Arte Decorativa Moderna, e per esso al benemerito comm. Dumontel, nostro caro Collega, per le cortesie usateci nell'accordare a tutti i nostri Consoci l'ingresso gratuito all'Esposizione e siano rese altre non meno riconoscenti grazie alle Società esercenti le reti tramviarie di Torino pel libero percorso accordato sulle vetture elettriche.

Il presente rapido Resoconto non sarebbe completo se non si accennasse all'alto onore che il Sindaco di Torino volle fare alla nostra Associazione col banchetto offerto a tutti noi nel giorno di Domenica 2 novembre e per le eloquenti e gentilissime parole che egli volle rivolgerci in quella occasione. Al ringraziamento caldo e non meno eloquente che il nostro illustre Presidente rivolse al senatore Badini-Confalonieri nessuna parola dello scrivente potrebbe aggiungere efficacia; gli sia lecito solo di esprimere un voto — come cittadino torinese — ed è che il senatore Badini il quale, benchè da poco assunto all'alta carica di primo magistrato della città, ha già dimostrato in varie circostanze di saper saggiamente amministrare e fortemente volere, rimanga a lungo Sindaco di Torino, di questa città che ha il vanto di essere la seconda patria di Galileo Ferraris, di questa città che decretava a Luciano Gaulard nel 1884 gli onori del trionfo per aver sanzionato praticamente il proprio sistema di trasmissione dell'energia coi riuscitissimi esperimenti fra Torino e Lanzo applicando i suoi *generatori secondari*, dal quale sistema hanno avuto la prima origine tutte le moderne perfezioni a cui oggi siam giunti.

Ma la felice riunione di quest'anno ha avuto un epilogo interessante, fuori programma, nella bellissima gita a Bologna, col percorso fra Parma e quest'ultima città sopra una vettura automotrice ad accumulatori della Società Italiana di Elettricità già Cruto, facente parte del servizio elettrico della Bologna-S. Felice.

La gita, cui parteciparono una cinquantina di Soci, invitati dalla Società di Elettricità già Cruto, è dovuta alla munificenza della Società stessa che ha così avuto campo di far constatare l'ottimo esito del servizio di trazione ad accumulatori, intrapreso dalla Società esercente la Rete Adriatica, dovuto alla perfetta organizzazione del servizio, come ne fanno fede due anni di esercizio irreprensibile.

A noi, che già vedemmo gli esperimenti di trazione elettrica sulle linee Varesine e Valtellinesi, è riuscita oltremodo interessante la visita, in tutti i suoi minuti particolari, di questo esperimento, terzo fra quelli ordinati dal Governo.

A Bologna, dietro invito della Società per lo sviluppo delle Imprese Elettriche in Italia, è stata anche visitata l'elegante stazione centrale del Battiferro, che distribuisce energia elettrica per mezzo di correnti trifasi alla città, per usi di forza ed illuminazione.

Non occorre di aggiungere in qual modo fummo accolti dagli amici di Bologna che vollero gareggiare in cortesia coi Colleghi di Torino; chi prese parte alla gita non ne ha mestieri e coloro che non poterono intervenirvi non ne riceverebbero che un'inadeguata impressione. È però doveroso il rinnovare qui i ringraziamenti che, a nome del Presidente prof. Grassi, chiamato a Roma da urgenti impegni, lo scrivente rivolse colla sola eloquenza del cuore ai Colleghi ingegnere Civita e all'antico amico ing. Barberis, rispettivamente direttori della Società di Elettricità già Cruto e della Società per lo sviluppo Imprese Elettriche; e siano anche qui rinnovati i più sinceri sensi di riconoscenza ai Colleghi di Bologna per la loro splendida ospitalità, integrandoli tutti in un grazie di cuore al loro illustre Presidente il prof. Luigi Donati, anche per l'occasione che ci hanno procurata di passare qualche momento, fugace nel tempo, ma imperituro nell'animo, con Augusto Righi, onore e vanto del glorioso Ateneo Bolognese e della Scienza Italiana.

Torino, li 19 novembre 1902.

Il Segretario generale
Ing. RAFFAELE PINNA.

Visto: *Il Presidente*
Prof. GUIDO GRASSI.

N. 44.

LA TRAZIONE ELETTRICA SULLE FERROVIE ITALIANE

LETTURA

dell'Ing. DOMENICO CIVITA

fatta all'Assemblea Generale di Torino

nella Seduta del 31 ottobre 1902.

Nel momento attuale in cui tutti si occupano appassionatamente di questo argomento, dal Governo che continua a vincolare per le ferrovie le cadute d'acqua, sottraendole alle speculazioni, fino alle Società che vanno a gara nel fare studi ed esperimenti, è nostro intendimento rendere di pubblica ragione alcune osservazioni e studi che ci vennero suggeriti dal riuscito esperimento di trazione elettrica ad accumulatori sulle linee ferroviarie Bologna-San Felice e Bologna-Modena, le quali osservazioni potrebbero condurre a considerare il problema della trasformazione ad elettricità delle nostre ferrovie, sotto un punto di vista finora sconosciuto.

Esaminiamo anzitutto sotto quale aspetto si presenta il problema in Italia. Noi abbiamo da un lato linee sulle quali il traffico è già molto attivo, e moltiplicando su esse il numero dei treni, per effetto delle maggiori comodità che si offrono al pubblico, il traffico è suscettibile di forte aumento. In queste linee si avrà perciò un vantaggio a passare dal movimento di tipo ferroviario a quello di tipo tramviario. Quando la lunghezza, non forte, di tali linee, od il raggruppamento di parecchie di esse consente di poterle alimentare da un'unica centrale elettrica, si può raggiungere per questa centrale una buona utilizzazione dell'impianto.

Le spese ingenti di impianto elettrico e di cambiamento di materiale mobile rappresentano una quota di interesse ed ammortamento annuo sempre forte, ma se il numero dei treni-chilometri è fortissimo, la quota per treni-chilometri può risultare bassa e conveniente, ed allora vi è tutta l'opportunità di impiegare i sistemi a corrente alter-

nativa a filo; o continua, a terza rotaia. Ma se le linee sono a scarso traffico o lunghe, o in altri termini, se il numero di assi-chilometri annui considerati rispetto alla lunghezza in chilometri della linea non giunge, ad onta degli aumenti di treni e della miglioria del servizio, ad un certo limite, l'impianto elettrico della centrale verrà male utilizzato; le sotto-stazioni resteranno la più gran parte di tempo inattive, la quota d'interesse ed ammortamento dell'impianto elettrico graverà per ogni treno-chilometro in una misura forse superiore a quella attuale del carbone, e la trasformazione della linea in elettrica con i sistemi a filo od a terza rotaia, anzichè migliorare, ne peggiorerà le condizioni economiche pur utilizzandosi il carbone bianco invece di quello nero.

Vi è perciò da classificare le linee italiane, rispetto alla loro possibile trasformazione in elettriche, nelle due grandi categorie sopra accennate.

Secondo le vedute generali odierne, per linee appartenenti alla seconda categoria non sarebbe conveniente pensare alla trasformazione in trazione elettrica con i sistemi oggi in voga, cioè a filo aereo od a terza rotaia. Ma d'altra parte, se si vuole pensare alla risoluzione del problema così detto del carbone bianco, problema di grande importanza per le finanze dello Stato, per l'economia della nazione e per lo sviluppo che ne ritrarrebbe l'industria italiana, e non arrestarsi nelle vie del progresso, non è possibile prescindere dall'applicazione dell'elettricità alle ferrovie senza perdere di vista una delle maggiori e migliori collocazioni dell'energia ricavabile dalle nostre cadute d'acqua.

Sorge quindi la necessità di studiare se altri sistemi sono al caso di risolvere tale problema; tanto più che le linee in queste condizioni rappresentano la gran maggioranza (forse l'80 0/0) dell'intera rete ferroviaria italiana.

In altre parole, ciò che a noi interessa considerare, non sono le velocità mirabolanti, o il treno ogni 10 minuti, ma bensì il modo di utilizzare per la maggior parte delle nostre ferrovie, le nostre cadute d'acqua, senza che le spese per la trasformazione assorbano il vantaggio e lo rendano irrisorio.

Per avviarci verso la soluzione, proponiamoci quindi il problema in termini più modesti di quel che si faccia di solito; lasciamo intatto tutto l'organismo ferroviario attuale, il numero dei treni, la loro velocità e la loro formazione, che sono strettamente connessi alle condizioni attuali del traffico sulle linee di cui ci occupiamo, pur consentendo migliorie od aumenti, non tocchiamone l'armamento, nè il

materiale mobile; limitiamoci a cambiare la locomotiva mettendone una elettrica al posto di quella a vapore; la spesa della trasformazione sarà evidentemente minima in confronto di altri sistemi e lo scopo sarà raggiunto. Si presenta subito alla mente che la locomotiva elettrica soddisfacente alle condizioni suddette è quella ad accumulatori, ma insieme si presenta pure il pensiero di quanto si è sempre ripetuto, sui difetti degli accumulatori per la trazione.

Precisamente su questo punto desidero intrattenere gli egregi Consoci, per provare che, contrariamente all'opinione dei più, la locomotiva ad accumulatori si potrebbe utilmente applicare su parecchie delle linee italiane, e che economicamente su dette linee ciò darebbe un vantaggio sia sulla trazione a vapore, sia sugli altri sistemi di trazione elettrica.

Le ragioni generalmente adottate per escludere a priori la trazione ad accumulatori delle linee ferroviarie, si riferiscono alla capricciosità degli accumulatori, al loro peso ed al loro costo.

Quanto alla prima noi possiamo asserire, senza tema di smentita, che quando gli accumulatori sono proporzionati con giusti criteri e si provvede al loro razionale montaggio in vista di una facile manutenzione, gli accumulatori si comportano bene e non dànno luogo nè a noie, nè a sorprese.

Difatti le automotrici di Bologna, in due anni di servizio non sono mai cadute in difetto, neppure quando le condizioni della linea erano particolarmente difficili. Anche all'estero, sulle linee tedesche, del Belgio e dell'America, i risultati di questi ultimi anni sono concordemente favorevoli all'impiego degli accumulatori nel servizio ferroviario.

Esaminiamo piuttosto se il peso degli accumulatori, in confronto alla potenza fornita, sia veramente tale da renderli inapplicabili sulle pendenze che si riscontrano sulle nostre linee.

Indicando come al solito con P il peso della vettura, con X il peso della batteria, il peso totale sarà $P + X$. Indicando poi con f il coefficiente di trazione, con i la pendenza, V la velocità in metri per secondo, il lavoro in chilogrammetri sarà:

$$(P + X)\ (f \pm i)\ V = L. \qquad (1)$$

Chiamando w (in watt) la potenza specifica della batteria per chilogrammi di accumulatori, con μ il rendimento meccanico, g l'accelerazione della gravità, la (1) diventa:

$$(P + X)\ (f \pm i)\ V = w\,\frac{X\,\mu}{g};$$

e risolvendo rispetto ad X:

$$X = \frac{P\,(f + i)\,V}{\mu\,\frac{w}{g} - V\,(f \pm i)}.$$

Ora, perchè sia possibile la trazione ad accumulatori deve essere:

$$\mu\,\frac{w}{g} \gtrless (f \pm i).$$

Ora, se noi applichiamo i coefficienti relativi alla trazione ferroviaria, cioè $f = 3,3$ kg. per tonnellata, ad una velocità moderata, e prendiamo per w il valore di 12,5 (che risulta dalle esperienze fatte sulla Bologna-San Felice, di cui si parlerà in seguito), e per μ quello medio di 0,8, avremo che sulle pendenze del 30 per mille diverrebbe impossibile la trazione, cioè $X = \infty$ per una velocità di 27 metri al secondo, cioè di km. 97 all'ora (*).

Invece gli autori di cui accenniamo applicano per f il valore di 10 kg. per tonnellata (vale a dire per rotaie da trams) e per w; 4 watt (come finora si è ritenuto per elementi stazionari) ed allora ottengono:

$$V = \frac{0,08 \,.\, 4}{9,81\,(0,01 + 0,0032)} = \text{m. } 8,15 \text{ al } 1'',$$

cioè 30 km. all'ora. Pur partendo dai dati fin qui usati, si vede che la velocità limite sarebbe superiore a quella stabilita per le locomotive a vapore negli orari attuali su linee con pendenze del 30 per mille. Applicando invece i dati sperimentali più sopra visti, la velocità assume un valore di gran lunga maggiore; dimodochè si vede che facendo il calcolo razionalmente, cioè domandando alla locomotiva ad accumulatori la stessa velocità che si ha attualmente, essa

(*) Infatti scrivendo:

$$\mu\,\frac{w}{g} = V\,(f + i),$$

si ha:

$$V = \mu\,\frac{w}{g\,(f + i)},$$

ed applicando i valori suddetti si ottiene:

V = 33 m. al 1'', pari a 118 km. all'ora.

Ma a velocità di oltre 90 km. corrisponde un coefficiente f di circa 7 kg.; quindi ripetendo il calcolo con il nuovo valore di f si ha:

V = 27 m. al 1'' pari a 97 km. all'ora.

non sarebbe inapplicabile neppure sulle pochissime linee in cui si riscontra una pendenza del 30 per mille. È certo che se si vuole fare il calcolo per pendenze del 60 per mille o dell'80, la velocità si riduce a limiti inverosimili; ma poichè tali pendenze sulle linee italiane non esistono, è perfettamente inutile il considerarle.

Vediamo piuttosto quand'è che il peso degli accumulatori risulta uguale a quello della vettura o del treno rimorchiato. Dobbiamo nella formola mettere X uguale P, cioè:

$$2\,X\,(f \pm i)\,V = \mu \frac{X\,w}{g}.$$

Se $i = 0$, la condizione è risoluta, sempre che:

$$\frac{\mu\,w}{19.6} = f.\,V.$$

Siccome $\mu\,w = 10$ (vedi prima), risulta:

$$f.\,V = 0.5 \text{ circa,}$$

segnando per f il valore di kg. 8 per le altre velocità, si ha:

$$V = \text{m. } 62.50 \text{ al } 1''.$$

Ciò significa che in piano per qualunque velocità attuabile il peso della batteria sarà sempre inferiore al peso del treno. Su pendenze del 30 per mille, che sono, come già dicemmo, eccezionali sulle linee italiane, si ha invece $V = 15$ m., cioè km. 54 all'ora, e su questa velocità possiamo ripetere le considerazioni già fatte di sopra.

Riassumendo, cogli accumulatori ordinari e su binari ferroviari a forte pendenza la trazione ad accumulatori diviene impossibile quando la velocità supera i 97 km. all'ora, ed alla velocità di 54 km. all'ora il peso degli accumulatori diviene uguale a quello del treno; ma poichè attualmente sulle forti pendenze ci si accontenta di una velocità infinitamente minore di quella di 97 km. all'ora e si adotta la tripla trazione anche con treni relativamente leggeri, ne consegue che neppure sotto il rispetto del soverchio peso la locomotiva ad accumulatori si troverebbe in condizioni di inferiorità su quella a vapore.

Ciò posto, per passare da queste considerazioni più o meno teoriche al lato pratico della questione, facciamo un confronto un po' più minuto fra locomotiva a vapore e quella elettrica, cioè vediamo se sia o no possibile costruire una locomotiva ad accumulatori, della stessa potenza, che presti lo stesso servizio, che raggiunga la stessa velocità cogli stessi treni e che pesi su per giù quanto una locomotiva a vapore, considerando questa alla stregua della nostra organizzazione fer-

roviaria e delle nostre linee. Se proveremo che ciò è possibile e che per di più si ha un vantaggio economico, il nostro scopo sarà raggiunto.

Se noi consideriamo le locomotive in uso in Italia sulle reti Mediterranea ed Adriatica (circa 2500 in condizioni discrete, suddivise in quasi 40 tipi), troviamo che in media si ha un peso aderente sulle ruote di 30 tonnellate, uno sforzo di trazione massimo di 5000 kg. a bassa velocità, una potenza indicata di 500 HP effettivi, un peso (locomotive e tender) per HP effettivo al gancio di trazione di oltre 150 kg., con una velocità massima di 60-70 km., raggiungendosi solo in pochi tipi quella di 80 e 85 km.

Escludiamo dal computo le nuovissime locomotive non adibite al servizio dei treni sulle linee da noi considerate, le quali pesano da 80 a 90 kg. per HP indicato.

In quanto alla percorrenza delle locomotive per ciascun viaggio, esaminando le linee italiane, troviamo che il 34 0/0 di esse ha una lunghezza inferiore ai 50 km., il 17 0/0 una lunghezza compresa fra 51 e 75 km., il 25 0/0 una lunghezza fra il 76 e 100 km., vale a dire che il 76 0/0 non supera i 100 km. Delle restanti linee, la maggior parte si tiene fra i 100 e 150 km. (il 17 0/0) e solo il 7 0/0 supera i 150 km. Le velocità ammesse sul 70 0/0 delle linee non superano i 55 km. pei treni viaggiatori celeri; solo su alcune linee corrono treni direttissimi a 85 km.-h. di velocità, ma questi treni sono un'eccezione e non giungono all'1 0/0 del numero dei treni viaggiatori. Le velocità predominanti, se si considerano nella media anche i treni merci, non superano di molto i 30 km.-h.

Partendo da questi dati, dobbiamo verificare se è possibile costruire una locomotiva ad accumulatori della potenza di 550 HP indicati, ovvero che abbia una batteria di 550 HP (ammettendo per abbondanza che il rendimento del motore a vapore sia uguale a quello del motore elettrico) capace di uno sforzo di trazione massimo di 5000 kg., che possa raggiungere la velocità di 80 km.-h, che percorra almeno dai 70 ai 100 km. con una sola carica e che pesi 150 kg. per HP all'asse. Occorrendo circa 50 kg. per HP per il carro ed i motori (Blondel et Dubois, vol. I, pag. 489), resterebbe a disposizione delle batterie un peso di kg. 100 per HP per trovarci in pari condizioni colla locomotiva a vapore. Cominciamo a vedere se questi 100 kg. sono sufficienti per le batterie che ci occorrono (*). Orbene, con gli elementi Majert,

(*) Sulla Bologna-San Felice sono in servizio gli elementi Pescetto, che pesano ancora di meno.

adoperati anche in prova sulle automotrici della Bologna-San Felice, si possono raggiungere i seguenti dati ragguagliati all'elemento tipo:

Capacità effettiva kw.-h.	Potenza effettiva per HP	Durata scarica ore	Peso per kw.-h.	Peso per HP effettivo all'asse
1	1	1	80	80
1,34	0,67	2	60	120
1,50	0,50	3	53,2	160
1,70	0,34	4	47	235

Da questa tabella desumiamo che il peso della batteria non supera gli 80 kg. per HP effettivo all'asse, quando si consideri la capacità di un kw.-h. alla scarica di un'ora, che è la massima compatibile col buon funzionamento della batteria.

Occorre però che diciamo qualche parola per spiegare questi risultati.

Prove lungamente fatte sui nostri elementi tipo Majert ci hanno permesso di costruire una lastra positiva che, avendo la stessa caratteristica delle Majert e delle Tudor normali, pesi tre volte di meno.

Nelle Majert normali si hanno 6 lamelle per cm., e ogni lamella è alta 5,5 mm.; il rapporto tra la superficie sviluppata utile a quella proiettata è di 8,8. Nelle Majert per trazione siamo riusciti ad ottenere 22 lamelle per cm. Il grado di purezza del piombo laminato ed il processo lento di formazione Planté dànno sicuro affidamento della loro durata. Nessun altro tipo conosciuto di accumulatore Planté potrebbe dare maggior capacità specifica, essendo impossibile ricavare più di 12 lamelle nelle piastre fuse.

Accoppiando alla positiva Majert una negativa giustamente proporzionata, si riduce il peso dell'elemento da 800 a 900 grammi per dmq. di lastra positiva, tutto compreso. Con elementi del nostro tipo alleggerito per trazione abbiamo adunque per ogni HP 80 kg. di batteria; aggiungendo ai quali 50 kg. già considerati per il carro ed i motori, avremo kg. 130 per HP effettivo, peso inferiore a quello che si ha per le ordinarie locomotive a vapore.

Considerando infine che il rendimento dei motori per trazione oscilla fra il 75 e l'80 0/0, possiamo ritenere che un HP effettivo alle ruote corrisponda ad un kw. di scarica della batteria, e tenuto conto di tutti i dati precedenti, possiamo istituire il confronto fra la locomotiva a vapore e quella ad accumulatori da noi studiata in base al seguente specchietto:

	(*) Locomotiva a vapore	Locomotiva elettrica
Peso totale sulle ruote	tonn. 30	tonn. 50
Sforzo di trazione massimo (a bassa velocità) . .	kg. 5300	kg. 5300
Potenza in HP effettivi al gancio	500	600
Peso in servizio per HP effettivi	kg. 150	kg. 130
Potenza della batteria		kw. 600
Capacità » scarica in un'ora . . .		kw.-h. 600
» » » in due ore . .		» 804
» » » in tre ore. . .		» 900
Peso totale della locomotiva	tonn. 70	» 80

Questo specchietto ci dà i termini di confronto fra la locomotiva a vapore e quella ad accumulatori, ma non ci siamo finora preoccupati della percorrenza. A tale proposito occorre notare che nelle locomotive, a meno di forti pendenze continuate, la potenza media è molto minore della massima, e cioè una locomotiva di 550 HP sviluppa normalmente non più di 200 HP, meno che negli avviamenti; ora, poichè la capacità effettiva è determinata appunto dalla potenza media, ne risulta che una batteria calcolata per una data potenza massima viene ad avere una capacità tale da consentirle di effettuare senza ricaricarsi una percorrenza assai maggiore della minima teorica e più corrispondente ai bisogni della pratica.

Perciò assume una grande importanza il valore del consumo medio di energia per T.-km., giacchè il rapporto della capacità della batteria e il detto consumo dà il numero di T.-km. che possono effettuarsi con una scarica della batteria.

In seguito alle esperienze da noi fatte sulle linee Bologna-Modena, Bologna-S. Felice e Bologna-Ferrara, possiamo apprezzare con esattezza il consumo di energia per T.-km. delle vetture elettriche.

Sulla Bologna-S. Felice vi sono 43 km. di percorso, dei quali 13 in orizzontale e 30 con pendenze e contropendenze del 5 per mille.

Secondo le formule usuali, che si trovano in tutti i libri di trazione, colle quali furono calcolate le batterie, si dovrebbe avere un consumo medio di energia di 106 kw.-h.

Invece in due anni di esercizio, calcolando ogni volta l'energia totale spesa nell'intero viaggio e dividendola per il numero di tonnellate-chilometri percorse in detto viaggio, è risultata una media di 45-50 kw.-h., pari a 10, od 11 w.-h. per T.-km. per velocità com-

(*) Questi valori sono ricavati, come già si è detto, facendo una media fra i vari tipi usati in Italia. Nei pesi della locomotiva a vapore si è compreso il peso del *tender* carico per mettersi nelle stesse condizioni.

merciale di 35 km., e 14-17 watt-ora per velocità di 60 km. all'ora, comprendendo in suddette cifre anche 26 avviamenti. Questi risultati si sono riscontrati inoltre sulla Bologna-Modena e sulla Bologna-Ferrara con automotrice rimorchiante una o due vetture ed in condizioni assai variabili per lo sforzo di trazione, cioè, sia d'inverno che d'estate, sia con vento che con neve. Le prove fatte in Germania nel Pfalz e nel Wuttemberg, nonchè quelle eseguite sulla vettura ad accumulatori della linea Milano-Monza della Rete Mediterranea, dànno valori quasi identici.

È certo che le frequenti fermate aumentano il consumo, ed infatti molti autori, studiando gli esercizi tramviari, avevano ottenuto risultati otto volte maggiori; bisogna però tener conto che oltre alle fermate vi sono nei trams condizioni molto più sfavorevoli per la trazione, dovute a materiale mobile più scadente ed armamento imperfetto, alla polvere ed al fango, che quasi sempre imbratta i binari delle tramvie, che aumentano di molto il consumo di energia per tonn.-km. (*).

Dalle nostre prove e da quelle eseguite nel Belgio si rileva la seguente formola pratica, che dà il consumo di energia in w.-h. per T.-km. per materiali e binari ferroviari:

$$e = 2\ (f \pm i),$$

dove e è l'energia in w.-h., f è uguale alla resistenza alla trazione in kg. per tonn., i è la pendenza in metri per mille.

Secondo le esperienze eseguite sulla Bologna-S. Felice, messe in relazione a quelle di altre linee, si possono dare per f i seguenti valori (molti autori dànno valori anche inferiori, specialmente per materiali a carrelli):

f	alla velocità di km.-h.
3,33	30
4 —	40
5,4	60
6,4	75
7,35	90

Servendosi di questi dati sperimentali, noi possiamo desumere per ogni linea e per la velocità commerciale da mantenere su essa, la

(*) A proposito di tale questione della percorrenza è da notarsi che molti non hanno fatto la debita distinzione tra automobile elettrico e locomotiva. Nell'automobile lo sforzo di trazione è forte, il coefficiente di trazione varia da 40 kg. a 100 kg. per tonn,. a seconda dello stato della strada e dei cerchioni delle ruote. Quindi si ha uno sforzo di trazione grande, forte percorrenza in confronto della

prestazione in T.-km. della locomotiva da noi progettata, fornita di una batteria della capacità di 600 kw.-h. Instituendo questo calcolo per le linee italiane, noi abbiamo verificato che non solo questa locomotiva è capace di percorrere senza ricaricarsi i tratti in cui attualmente sono divise dette linee, ma di più per molti tratti sarebbe sufficiente una locomotiva di capacità minore, e che le stazioni da carica potrebbero essere situate a distanze molto maggiori degli attuali depositi delle locomotive di riserva. Quanto al peso rimorchiabile con la locomotiva, si rileva che per tutti i tratti in piano la potenza di 600 HP basta per il rimorchio di treni di oltre 600 tonn. ad alta velocità.

Nei tratti di forte pendenza i limiti massimi sono questi:

Pendenza	15	p. mille	Peso del treno	tonn.	250	Velocità	km.-h.	40
»	20	»	»	»	250	»	»	35
»	25	»	»	»	250	»	»	25
»	30	»	»	»	250	»	»	20

La locomotiva pesando 80 tonn., restano quindi pel treno a rimorchio 170 tonn. Una locomotiva a vapore non giunge a tanto; sui tratti di oltre il 25 per mille è prescritta la tripla trazione, vale a dire che è ammesso un peso complessivo di locomotive spesso maggiore di quello del treno da rimorchiare.

Ecco quindi sfatata l'erronea affermazione che le locomotive ad accumulatori non possono praticamente servire per linee a forti pendenze. Infine, occorre considerare che la preoccupazione del potere aderente svanisce quando si pensi che tutti gli assi possono farsi motori, e possono essere caricati al massimo. Da questo lato la locomotiva ad accumulatori è senza rivali. Riassumendo, ci pare di avere sufficientemente provato che non solo è tecnicamente possibile sostituire alla locomotiva a vapore quella ad accumulatori, ma anche che questa avrebbe su quella molti indiscutibili vantaggi, senza contare quelli che sono inerenti a qualsiasi locomotiva elettrica, come per esempio, l'assenza del fumo nelle gallerie, vantaggio non disprezza-

potenza e quindi forte capacità della batteria e una relativamente minima potenza. Invece nella trazione ferroviaria lo sforzo di trazione è minimo per l'ottima condizione del binario e del materiale mobile, mentre la potenza massima è molto superiore alla media per sopperire agli avviamenti. La capacità, cioè la percorrenza, risulta perciò, in confronto della potenza, molto abbondante e superiore ai bisogni della pratica. Queste condizioni conducono inoltre ad un peso di batteria minimo per HP. Nei trams le condizioni sono intermedie, ma in generale propendono più verso quelle di un automobile.

bile per chi abbia presente alla mente alcuni recenti disastri ferroviari, e la noia di certi viaggi su parecchie linee nostre.

Per completare la dimostrazione della nostra tesi ci resta a provare come la trasformazione progettata, possa dare un possibile vantaggio economico.

La media composizione dei treni italiani, sulle tre grandi reti, è di 200 tonn. Il costo di trazione per km. di tale treno è, secondo le statistiche più recenti, di (1):

Combustibile	L.	0,543
Acqua	»	0,009
Trasporto combustibili	»	0,042
Untura e pulitura delle locomotive . .	»	0,014
Rinnovo meccanismi delle locomotive .	»	0,238
Piccola manutenzione e grande . . .	»	0,354
Totale del costo del treno km. . .	L.	1,200

Da quanto precedentemente detto si può abbondantemente ritenere che un treno km. consumi 4 kw. all'ora in media e con ciò veniamo ad ammettere un consumo doppio di quello verificatosi sulla Bologna-S. Felice.

Ammesso il costo annuo del kw. di L. 180, costo già superiore a quello che si paga ovunque, tenuto conto del rendimento della batteria e del numero delle ore di funzionamento giornaliero della stazione, si potrà ritenere che il costo per kw-h. sia di 5 centesimi e quindi il costo dell'energia necessaria per treno km. sarà di L. 0,20, rimanendo naturalmente incorporati in questo prezzo l'interesse e l'ammortamento del capitale investito nell'impianto generatore di carica. Mediamente si può ritenere che le piastre tipo Planté vadano ricambiate dopo 400 scariche e quindi per ogni treno km. si consumano kg. 0,280 di positive, il che rappresenta circa L. 0,20. Le negative durano quasi il doppio delle positive e quindi il costo del loro ricambio è di L. 0,12.

Mettendo pel costo di manutenzione totale della batteria pel treno km. L. 0,36, si potranno ritenere incluse le spese di rinnovamento acido, recipienti, connessioni, separatori e simili.

(1) Su queste cifre molti fanno opposizione. Per alcuni esse sono troppo forti, per altri no. È difficile conoscere le cifre esatte delle Amministrazioni le cui statistiche non comprendono tutto. Però sta il fatto che di questi giorni il Governo ha accertato il costo di 1.37 per treno-km. nell'occasione di dover garantire ad una delle due Società un introito minimo chilometrico.

Basandoci sull'esperimento della Bologna-S. Felice, nella quale devesi ancora tener conto che l'automotrice è per sè stessa assai più delicata e deperibile della locomotiva quale noi studiamo, e la sua manutenzione ne è più costosa, il costo effettivo della trazione ad accumulatori può dividersi per treno in km. (1):

Energia	L.	0,200
Ricambio piastre	»	0,360
Personale di manutenzione. . . .	»	0,120
Personale di deposito e lubrificanti . .	»	0,100
Rialzo e manutenzione organi elettrici .	»	0,036
Rinnovo macchinario elettrico della locomotiva	»	0,040
Costo totale trazione treno km. . .	L.	0,856

L'economia di L. 1,200 — L. 0,856 = L. 0,344 è spiegata facilmente da diversi fatti.

1) Dal maggior rendimento complessivo della locomotiva ad accumulatori sopra quella a vapore che si ha sempre, anche nel caso in cui si attinge energia da una centrale a vapore o a gas povero. Questo migliore rendimento è dovuto anche alla natura stessa del macchinario elettrico per l'assenza dei congegni alternativi di trasmissione del movimento che importano i moti perturbanti di rullio, beccheggio, galoppo delle locomotive a vapore;

2) Dal modo di organizzare il servizio, potendosi una stessa locomotiva utilizzare molto meglio facendole fare maggiori percorsi senza gli indispensabili periodi di riposo necessari alle locomotive a vapore per la pulizia dei forni, delle caldaie e dei vari congegni, potendosi il ricambio di una batteria nei modi da noi studiati compiersi rapidamente.

Inoltre, il personale di manovra in una cabina riparata non dovendo provvedere alla continua sorveglianza e pulizia della macchina, può effettuare maggiori percorrenze giornaliere esaurendosi di meno;

3) Dai minori bisogni di lubrificazione, manutenzione e riparazione del macchinario elettrico in confronto a quello a vapore. A queste economie aggiungasi anche l'assenza del fumo che importa un notevole risparmio sul costo di manutenzione dei veicoli ferroviari.

(1) Anche queste cifre vanno accolte con riserva potendo esse variare in più o in meno a seconda del caso speciale. In generale però, e calcolando su una larga estensione del servizio con accumulatori, sono da ritenersi raggiungibili e paragonabili con quelle prima indicate della trazione a vapore.

Per quanto riguarda la spesa d'impianto per un servizio di locomotive ad accumulatori, il costo di questo sarà quasi uguale a quello delle locomotive a vapore di pari potenza; non rimarrebbe da parte degli accumulatori che la spesa della stazione di carica, la di cui potenza si può calcolare a 100 kw. per ogni locomotiva.

Tali stazioni, nei siti dove vi sono già impianti elettrici, possono ridursi ad un semplice gruppo costituito da un motore dinamo di 100 kw. effettivi per ogni locomotiva ed un piccolo quadro di distribuzione. Dove non esistono impianti elettrici bisognerà studiare il problema secondo l'opportunità, o di un trasporto di energia della più prossima caduta d'acqua, o dell'installazione di una centrale a vapore o a gas povero.

Un ultimo argomento e forse il più importante è che usando gli accumulatori non occorre alcun capitale d'impianto, potendosi trasformare le locomotive a vapore in elettriche, man mano che devono venire rinnovate.

Le stazioni di carica rappresentano una quota di spesa iniziale di L. 50,000 in più per ciascuna locomotiva. Potendosi, nel minor bisogno di pulizia e lavori di manutenzione o per la disposizione adottata che rende gli accumulatori amovibili dal carro portante i motori, avere colla locomotiva elettrica, un'utilizzazione doppia o tripla di quella di una locomotiva a vapore, ne risulta che fin da principio l'impianto della stazione di carica viene ripagato per metà. Quindi il problema della ricerca del capitale verrà semplificato, e si può anzi dire che non occorre quasi capitale nuovo.

Invece, coi sistemi a terza rotaia ed a filo aereo il capitale d'impianto è ingentissimo, e massime, prevalendo il concetto di effettuare il servizio colle automotrici, occorrerebbe cambiare tutto il materiale mobile con una spesa ingente. D'altra parte non potendosi effettuare sempre il servizio merci con i sistemi di trazione a presa di corrente lungo la linea, ne risulta sempre, che la risoluzione più economica e più immediata sarà data sempre dalle locomotive ad accumulatori dal momento che, in base alle esperienze effettuate, essa si dimostra praticamente e convenientemente realizzabile.

Come caso particolare, in luogo delle locomotive ad accumulatori per il servizio viaggiatori, per treno non superante le 70 tonnellate si potrebbe ricorrere ad automotrici, ma secondo noi, più che alle automotrici come sono state costruite, si dovrebbe senz'altro ricorrere a munire di motori elettrici e di controller le vetture di testa dei treni locali, collocando le batterie in carrelli-tender da portarsi a rimorchio.

Con ciò si avrebbe la massima economia nel peso e nel costo del materiale, nelle spese di esercizio e di manutenzione.

Riassumendo, date le nostre premesse, crediamo di essere riusciti a dimostrare come, sia dal lato tecnico che da quello economico, vi sia non solo la possibilità, ma anche la convenienza per noi Italiani di considerare la locomotiva ad accumulatori, come una delle soluzioni di più facile ed immediata attuazione del problema della graduale trasformazione delle nostre ferrovie ad elettricità nelle linee dove meglio si può prestare tale locomotiva e cioè per i servizi locali, per le linee di diramazione, per le linee complementari a scarso traffico, ecc., sollevandola dall'immeritato oblio, nella quale si era lasciata cadere.

Abbiamo in questo studio cercato di condensare gli argomenti per essere brevi e non abusare della vostra pazienza.

Comprendiamo che molte cose avrebbero meritato una trattazione più estesa, ma ci ripromettiamo di farla specialmente se, come ci auguriamo, verrà ammessa la nostra tesi all'onore della discussione.

Ci ripromettiamo pure al più presto di parlarvi in dettaglio dei tipi di locomotive ad accumulatori che da noi si sono studiati perchè è solo dallo studio di dettaglio e dall'organizzazione del servizio di manutenzione fatto secondo i dettami della pratica, che si possono raggiungere i risultati accennati e da noi già conseguiti.

N. 45.

COMPORTAMENTO DEI CONVERTITORI ROTANTI
NEGLI IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA
CON ACCUMULATORI STAZIONARI

LETTURA

*fatta dal **Prof.*** ANGELO BANTI

all'Assemblea Generale di Torino nella Seduta del 31 ottobre 1902

(Con due figure).

Negli impianti di trazione elettrica ferroviaria o tramviaria a corrente continua, quando l'energia è derivata da una trasmissione a corrente alternativa, occorre trasformare questa energia in corrente continua alla tensione di 600 a 700 volt. A tale scopo, nell'officina alimentatrice della rete di distribuzione, si sogliono installare dei motori alternativi che muovono dinamo a corrente continua, od anche delle macchine rotative, convertitori rotanti, che effettuano direttamente la trasformazione richiesta. Questi convertitori non sono in sostanza che delle dinamo in derivazione, l'armatura delle quali possiede da una parte il collettore Pacinotti, da cui si raccoglie la corrente continua, e dall'altra due o tre anelli metallici, connessi opportunamente a due o tre punti dell'armatura, ai quali arriva la corrente alternativa monofase o trifase da trasformare.

È forse superfluo aggiungere che, in simili impianti, si rende quasi indispensabile l'installazione in officina d'una batteria di accumulatori, che agisca in parallelo con i convertitori.

Riferendoci al caso particolare dell'Officina per le tramvie elettriche di Roma, di proprietà della Società Anglo-Americana, ove, tra le altre macchine, funzionano quattro convertitori rotanti, ebbi occasione di far funzionare tali convertitori sia in parallelo agli accumulatori, sia su resistenze non induttive, e, nell'un caso e nell'altro, notai il singolare comportamento, che credo interessante di esporre.

Il convertitore esperimentato, costruito dalla Casa Ganz e Comp., è monofase ed ha una potenza di 60 kw. La sua costruzione presenta

le seguenti particolarità: è una macchina ad otto poli con avvolgimento del campo in derivazione, eccitato però dalla batteria degli accumulatori. La forma dei nuclei magnetici è veduta nella fig. 1, nella quale

Fig. 1.

è rappresentata una sezione del campo: da una corona circolare *a b* di sottili lamelle di ferro partono delle branche a guisa di *U* schiacciati *m*, *n*, *o*, *p*, di cui due branche contigue, come *o'*, *p'*, *m*, *n*, sono abbracciate da un rocchetto del campo.

L'armatura è a tamburo con avvolgimento in serie: da una parte le spire comunicano alle 189 lamelle del collettore Pacinotti, dall'altra parte comunicano in due punti determinati, distanziati fra loro di 72 spire, a due anelli metallici, cui arriva la corrente alternativa monofase. Le spire non seguono le generatrici del nucleo dell'armatura, ma sono inclinate di circa 3 centimetri. La corrente alternativa entra dagli anelli ad un potenziale di circa 410 volt, ed esce dal collettore, trasformata in corrente continua, ad un potenziale di circa 580 volt.

La batteria d'accumulatori, sulla quale ho eseguito gli esperimenti di cui dò relazione, è composta di 304 elementi del tipo Tudor a repulsione, della capacità di circa 1000 ampere-ora, per tre ore: ogni elemento è costituito da 20 placche positive e da 21 placche negative, aventi ognuna delle prime una superficie di 18×2 dmq. ed un peso di 18 kg., ed ognuna delle seconde, le negative, eguale superficie ed un peso di 11,3 kg. La batteria, come abbiamo detto, funziona da sola od in parallelo sulle linee tramviarie ed ha anche l'ufficio di fornire la corrente per il campo dei convertitori, il quale fu tenuto ad una intensità costante in tutte le serie di esperimenti.

Premesse queste notizie della macchina, eccomi ad esporre il singolare comportamento che il convertitore presentava, secondo il diverso servizio cui era destinato. Io fui sorpreso cioè che per far dare dalla macchina alla batteria (limitata ad un numero di elementi di 259 a 277) una corrente continua di:

90 ampere a 550 volt;

occorreva ad essa somministrare una corrente alternativa di:

124 ampere a 403 volt;

mentre che, per farle produrre gli stessi ampere alla stessa tensione, sopra una resistenza senza induzione, occorreva somministrarle un numero di volt-ampere alternativi molto maggiore e precisamente:

142 ampere a 403 volt.

La tensione e la intensità della corrente, tanto alternata quanto continua, erano misurate con apparecchi a filo caldo,

Per spiegare questo fatto, le ipotesi erano due: o la fase della corrente alternativa non si manteneva nei due casi la stessa, oppure lo stesso numero di volt-ampere continui non rappresentava nei due casi di funzionamento una stessa energia elettrica effettiva. Per investigare quale delle due ipotesi fosse la giusta, instituii diverse serie di esperimenti.

Quando il convertitore caricava gli accumulatori, io leggeva della corrente alternativa da esso ricevuta i volt, gli ampere ed i watt; della

TABELLA I.

Corrente alternativa somministrata						Corrente continua ricavata					Rendimento	Differenza percentuale tra V A e W
Volt	Amp.	K V × A	K Watt	Cos φ_1	K W totali spesi	Volt	Amp.	K V × A	K Watt ri-cavati	Cos φ_2		
404	35	14.14	3.78	—	5.04	564	18.3	10.32	—	0.86	—	—
406	42	17.05	16.80	0.980	18.06	560	29.0	16.20	14.—	0.86	0.770	15.7
406	65	26.39	26.—	0.980	27.26	560	44.4	24.86	21.4	0.87	0.784	16.1
406	84	34.60	33.81	0.977	35.07	558	53.3	29.74	25.—	0.86	0.712	19
404	100	40.60	39.90	0.982	41.16	554	70.5	39.09	33.5	0.87	0.813	16
404	116	46.86	46.—	0.960	47.26	551	82.9	45.67	39.7	0.86	0.840	15
403	124	49.97	49.14	0.986	50.40	548	89.9	49.26	42.75	0.86	0.847	10.5
403	133	53.60	51.87	0.970	53.13	548	96	52.60	45.7	0.86	0.860	15
402	150	60.30	56.96	0.944	58.22	545	105	57.22	49.8	0.87	0.855	15

corrente continua che dava alla batteria, i volt, gli ampere ed i watt; del campo, l'intensità in ampere. Con una serie di queste letture è stata compilata la Tabella I, nella quale, oltre i dati direttamente letti, sono stati riportati anche quelli calcolati, cioè i kilovolt-ampere, sia alternativi che continui; i valori del fattore di potenza $\cos\phi_1$ della corrente alternativa; i kilowatt totali spesi nella macchina, ottenuti aggiungendo ai kilowatt alternativi l'energia spesa nel campo, che fu trovata eguale a 1260 watt; il rendimento del convertitore, ecc.

Dai dati di questa tabella si deduce che lo spostamento di fase della corrente alternativa è molto piccolo; escluso il primo periodo d'avviamento del convertitore, il valore di $\cos\phi_1$ varia da un massimo

di 0,98 ad un minimo di 0,94; cosicchè i volt-ampere alternativi misurano presso a poco l'energia somministrata alla macchina. Esaminando invece i dati che nella stessa Tabella I si riferiscono alla corrente continua restituita dal convertitore, si vede che esiste una marcatissima differenza tra i kilovolt-ampere ed i kilowatt misurati. Questo fatto dimostra che la corrente fornita dalla macchina, *industrialmente considerata come una corrente continua*, non lo è affatto, ma si manifesta con le proprietà di una corrente notevolmente pulsante in uno stesso senso, per la quale il semplice prodotto dei volt per gli ampere non indica l'energia effettiva restituita. Ammettendo di poter considerare questa corrente con gli stessi criteri di una corrente alternativa, ed indicando con cos ϕ_2 il relativo coefficiente di potenza, si vede infatti nella citata Tabella I che i valori di esso sono molto piccoli e si mantengono costanti ed uguali a 0,86 o 0,87.

TABELLA II.

Corrente alternativa somministrata						Corrente continua ricavata					Rendimento	Differenza percentuale tra V A e W
Volt	Amp.	K V × A	K Watt	Cos φ′	K W totali spesi	Volt	Amp.	K V × A	K Watt ricavati	Cos φ″		
410	54	22.14	20.50	—	21.76	565	31.3	17.68	16.—	0.90	0.740	10.5
410	68	27.88	27.—	0.963	28.26	559	43.2	24.14	22.2	0.92	0.787	8.8
409	84	34.36	34.—	0.989	35.26	555	53.1	29.47	27.4	0.92	0.780	7.2
408	100	40.80	40.50	0.99	41.76	552	64.2	35.44	33.—	0.93	0.790	7.4
406	115	46.69	45.78	0.978	47.04	550	79.3	43.61	41.5	0.97	0.882	5
404	128	51.71	50.60	0.978	51.86	547	82.2	44.96	42.5	0.94	0.820	5.8
403	142	57.22	55.65	0.972	56.91	544	89.9	48.90	47.—	0.96	0.826	4

Ho ripetuto gli stessi esperimenti, facendo funzionare il convertitore sopra resistenze ohmiche, ciò che mi ha permesso di compilare la Tabella II, redatta cogli stessi criteri della prima. Anche in questo caso si può constatare che i volt-ampere alternativi non superano di molto i watt; che quindi la corrente alternata somministrata ha un piccolo sfasamento (cos ϕ' varia da un massimo di 0,99 ad un minimo di 0,96), presso a poco eguale a quello verificato colle misure antecedenti; ma ciò che più importa di notare in questo esperimento, si è il maggiore accordo esistente tra i volt-ampere ed i watt ricavati dal convertitore — cos ϕ'' è in media eguale a 0,95 — vale a dire che la corrente prodotta ha una pulsazione molto minore di quella ricavata quando la macchina carica la batteria di accumulatori; per modo che il prodotto

della tensione per l'intensità della corrente resta di poco inferiore alla energia effettivamente generata.

Volendo calcolare in per cento di quanto l'energia apparente restituita dal convertitore è, nel caso nostro, inferiore all'energia effettiva, si trova che quando il convertitore agisce su resistenze senza induzione, questa percentuale si può ritenere in media, a piena carica, del 5 0/0, mentre quando il convertitore carica gli accumulatori, questa percentuale si può ritenere del 15 0/0.

Questi risultati sperimentali mi hanno dato modo di rendermi conto del diverso comportamento dei convertitori secondo l'uso cui sono destinati. Quando cioè un convertitore carica una batteria di accumulatori, esso fornisce alla batteria un certo numero di ampere ad un dato potenziale, il cui prodotto non rappresenta l'energia effettivamente data alla batteria; questa energia è anzi molto minore, ad essa corrisponde un certo valore X dell'energia alternativa somministrata. Quando invece il convertitore agisce su resistenze ohmiche, lo stesso prodotto dei volt per gli ampere si approssima di più all'energia effettivamente ceduta, e perciò allo stesso numero di volt-ampere deve corrispondere un'energia alternativa avente un valore Y maggiore di X.

Questo diverso comportamento non può essere spiegato col diverso sfasamento delle due correnti alternative, giacchè queste, come risulta dalle precedenti tabelle, si mantengono quasi in fase. Per spiegare il fatto che, caricando la batteria, l'energia dedotta dai volt-ampere è minore dell'energia effettiva, ed in proporzione maggiore di quando il convertitore agisce su resistenze senza induzione, basta ammettere che, durante la detta carica della batteria, la corrente generata debba acquistare una pulsazione notevolmente maggiore. I valori di cos φ_2 molto minori di cos φ'' ce ne dànno la prova, ma per mettere il fenomeno ancor più in evidenza, credetti opportuno di adottare la seguente disposizione.

Ad uno dei conduttori della corrente continua del convertitore caricante la batteria posi in serie il primario di un trasformatore a circuito magnetico aperto, con rapporto di trasformazione da 1 a 2. Dal secondario di questo trasformatore, chiuso sopra una piccolissima resistenza, potei ricavare una corrente piuttosto notevole. Eseguendo allora delle letture al secondario del detto trasformatore, per crescenti intensità della corrente traversante il circuito primario, ottenni i dati riuniti nella Tabella III, i quali dimostrano che la corrente sviluppata dal convertitore era notevolmente pulsante. Avendo ripetuto lo stesso esperimento col convertitore funzionante sopra resistenze ohmiche, ebbi al secondario del trasformatore una corrente debolissima, come ri-

sulta dalla Tabella IV, e ciò dimostra che le pulsazioni erano piccolissime.

Avrei dunque potuto senz'altro concludere che il diverso comportamento del convertitore, funzionante ora sugli accumulatori, ora sopra resistenze ohmiche, dipendeva dal fatto che la corrente leggermente pulsante da esso generata aumentava notevolmente, nel primo caso, le dette pulsazioni; ma per avere esuberanza di prova, volli registrare l'andamento della corrente mercè un mio metodo magneto-ottico. Il risultato di tale indagine fu quello d'ottenere una linea quasi retta quando il convertitore agiva su resistenze, ed una linea ondulata (fig. 2) quando caricava gli accumulatori.

TABELLA III.

Primario		Secondario
Volt	Ampere	Ampere
2	14	2.9
3.2	20	4.—
5	30.3	6.—
6.8	40	7.5
8.5	50	9.6
—	58	10.—

TABELLA IV.

Primario		Secondario
Volt	Ampere	Ampere
3.4	20	0.0
5.7	35	0.12
6.5	39	0.12
9,2	50	0.12

Fig. 2.

Restava infine da indagare la causa di questo diverso comportamento nei due sistemi di marcia.

Come ho detto precedentemente, per spiegare questo diverso comportamento basta ammettere che la corrente generata dal convertitore, quando carica la batteria, debba acquistare una pulsazione notevolmente maggiore di quella che esso possiede quando agisce su resistenze ohmiche; ciò che, del resto, può effettivamente avvenire, inquantochè la

batteria di accumulatori, presentando una forza contro-elettromotrice, determina, negli effetti della corrente, una pulsazione maggiore di quella dovuta alla f. e. m., sviluppata dal convertitore stesso. In questo ordine di idee, io volli ricercare se anche una delle ordinarie dinamo a corrente continua presentava, od almeno accennava, l'anzidetto fenomeno durante la carica di una batteria di accumulatori. Anche una dinamo a corrente continua fornisce di per sè una corrente più o meno ondulata; le ondulazioni della corrente della dinamo, insignificanti nel caso di somministrazione di luce, potevano apparire manifeste durante la carica di una batteria di accumulatori. Il risultato della mia indagine si mostrò però sempre negativo, sebbene io avessi spinto le ricerche, seguendo i tre metodi precedenti: il primo col confronto delle letture di istrumenti diversi, il secondo colla prova del trasformatore, il terzo colla fotografia dell'onda della corrente elettrica fornita, nei due casi, dalla dinamo.

Tanto quando la dinamo caricava la batteria, quanto quando agiva su resistenze, io ottenni sempre al mio analizzatore magneto-ottico una linea retta. Inserito il primario dell'anzidetto trasformatore in serie ad uno dei conduttori della dinamo, quando caricava gli accumulatori, ed eccitatolo con correnti di notevole intensità, non ottenni al secondario alcuna indicazione di corrente. Misurati i volt-ampere forniti dalla dinamo alla batteria con istrumenti calorimetri e con istrumenti del tipo Weston, ottenni un completo accordo tra le dette indicazioni, ciò che è prova evidente che la corrente della dinamo, anche quando carica la batteria, non manifesta apprezzabili pulsazioni.

Nel caso speciale dei convertitori rotanti, queste pulsazioni, durante la carica della batteria, si manifestano, come abbiamo dimostrato, in modo notevole, perciò io pensai che la batteria di accumulatori dovesse anche funzionare come una capacità, la quale aveva effetto come di produrre una maggior differenza di fase fra l'intensità e la tensione della corrente di carica, come del resto avviene pei noti effetti delle capacità nei circuiti percorsi da correnti alternative o pulsanti.

Abbiamo invero un simile esempio nell'applicazione delle così dette capacità elettrolitiche che servono per l'avviamento dei motori. È da notarsi che queste capacità elettrolitiche corrispondono ad una debolissima polarizzazione degli elettrodi; ma una tale analogia è pure ammissibile, in quantochè un accumulatore ad elettrodi di piombo, quando non è carico, come appunto avveniva durante i miei esperimenti, offre una esaltazione del potenziale piuttosto grande. Qualunque sieno le cause da me indicate, che singolarmente o simultaneamente concorrono alla produzione del fenomeno per la prima volta da me rilevato, io credetti

opportuno, per eliminare questo inconveniente, di introdurre, ad ogni modo, in serie ad uno dei conduttori della corrente continua una notevole resistenza induttiva. Il convertitore allora non restava in fase; però, diminuendola gradatamente, riuscii a trovare quella tale resistenza induttiva, per la quale il convertitore, caricando la batteria di accumulatori, si comportava presso a poco come se funzionasse su resistenze ohmiche. Nel caso speciale del convertitore e della batteria da me esperimentata, tale resistenza aveva un'induttanza di 0,035 henry e, quando era percorsa da 90 ampere, assorbiva agli estremi una tensione di 1,8 volt.

Il fenomeno da me osservato ha molta importanza nell'industria, ove i convertitori rotanti vanno sempre più ad acquistare nuove applicazioni.

Nel funzionamento di queste macchine in parallelo con batterie di accumulatori, bisogna verificare in quale disaccordo le valutazioni dell'energia, dedotte dal prodotto dei volt per gli ampere misurati con istrumenti a filo caldo, stanno con i veri valori dell'energia indicata dal wattometro. Se non si vuole tener conto di questo disaccordo nelle misure di officina, occorre adoprare il rimedio da me suggerito e cioè bisogna introdurre in serie ad uno dei conduttori della macchina una induttanza, la quale elimina l'inconveniente da me rilevato, facendo agire la macchina stessa con eguale efficacia sia sugli accumulatori, sia sopra resistenze ohmiche, senza disturbo del servizio e con trascurabile perdita di energia.

Possiamo quindi concludere:

1. Quando un convertitore rotante funziona sopra una resistenza senza induzione, esso fornisce una corrente continua con leggere pulsazioni. Sarebbe errore calcolare l'energia generata dal prodotto della tensione per l'intensità della corrente, dedotta dalle misure fatte col voltmetro e l'amperometro calorimetrici. L'energia effettiva, misurata al wattometro, si dimostrò inferiore dell'energia apparente, nel caso studiato, in media del 5 0/0.

2. Quando il convertitore funziona sopra una batteria di accumulatori, le dette pulsazioni crescono di ampiezza, la corrente continua diventa notevolmente pulsante. L'energia effettiva generata dalla macchina è molto inferiore a quella apparente, ottenuta dal prodotto dei volt per gli ampere, misurata con istrumenti a filo caldo; nel caso da me studiato è in media di circa il 15 0/0.

3. Per ovviare a questo inconveniente, ovvero per far agire il convertitore in modo identico, sia quando funziona su accumulatori, sia su resistenze ohmiche, basta introdurre in circuito una conveniente induttanza, da regolarsi volta per volta; questa induttanza assorbe di per sè una debolissima energia.

N. 46.

SUL CALCOLO DELLE DINAMO E DEGLI ALTERNATORI

COMUNICAZIONE

fatta dal Prof. GUIDO GRASSI
all'Assemblea Generale di Torino nella Seduta del 31 ottobre 1902.

(Con 10 figure).

INTRODUZIONE.

1. — Ritorno a questo argomento, del quale mi sono occupato già in altre occasioni, perchè una Lettura fatta recentemente dal professore Pasqualini alla Sezione Toscana mi ha persuaso che i lavori da me pubblicati hanno bisogno di qualche schiarimento. Ne approfitterò anche per fare alcune aggiunte, che renderanno più facile l'applicazione dei metodi da me proposti per il calcolo dell'indotto di una dinamo e di un alternatore.

Il prof. Pasqualini, nella sua lettura dal titolo *Alcune considerazioni sul calcolo delle dinamo* (*Atti dell'A. E. I.*, 1902, fasc. 4°), dopo aver notato che nell'assegnare le dimensioni dell'indotto nei generatori elettrici non si seguono in generale criteri ben definiti, ricorda i lavori da me pubblicati su questo argomento, e cita una mia Nota, stampata nei Rendiconti dell'Accademia delle Scienze di Napoli, fascicolo di marzo-aprile 1900, e le due Note da me inserite negli *Atti dell'Associazione Elettrotecnica*, una del 1897 e l'altra del 1901; e per indicare qual'è il contenuto di tali lavori, dice: « Il professore G. Grassi stabilisce una relazione fra il rendimento e le dimensioni dell'indotto ed introduce la condizione che la superficie del cilindro abbia una grandezza sufficiente per il raffreddamento ».

Mi dispiace che il prof. Pasqualini, riassumendo i miei lavori con quelle poche parole, ne abbia dato un'idea molto imperfetta e sostanzialmente inesatta.

Tutt'al più il riassunto del prof. Pasqualini può valere per la prima Nota, quella del 1897; la quale però aveva più che altro lo scopo di mostrare come il rapporto fra il diametro e la lunghezza dell'indotto in.

una dinamo a corrente continua dipenda da elementi, che si possono assegnare arbitrariamente, ma i cui valori, per ragioni tecniche, variano solo fra limiti ristretti; inoltre che vi è un limite nel valore della perdita percentuale nel rame, limite che la formola permette di calcolare.

In conclusione dimostravo che non è giusto, non è razionale iniziare il calcolo dell'indotto, come da molti si suggerisce, assegnando ad arbitrio il rapporto fra la lunghezza e il diametro.

Stabilito il detto rapporto, per calcolare il valore assoluto di una delle dimensioni, suggerivo, *in quella prima Nota*, di attenersi alla condizione che la superficie del cilindro presentasse una grandezza sufficiente pel raffreddamento.

Questo è il contenuto della mia Nota del 1897, brevissima, nella quale, giova ricordarlo, trattai solo il caso di un indotto bipolare a tamburo, senza entrare in particolari sul procedimento da seguire per calcolare tutti gli altri elementi dell'indotto.

Invece nella Nota del 1900 trattai il caso generale del calcolo delle dimensioni dell'indotto, cioè lunghezza, diametro, spessore del nucleo, basando il metodo sulla condizione *di rendere minima la somma delle perdite per effetto Joule nel rame, e per isteresi nel ferro.* In quel lavoro, in cui considerai i diversi tipi di indotti multipolari, a tamburo e ad anello, con avvolgimento in serie, in parallelo e misto, non feci parola della superficie di raffreddamento; perciò non giungo a comprendere come mai il prof. Pasqualini abbia potuto farsi il concetto che la mia Nota del 1900 non fosse altro che una ripetizione o amplificazione di quella del 1897.

L'altra Nota poi, citata dal Pasqualini, cioè quella del 1901, si riferisce al *Calcolo delle dimensioni di un alternatore;* e, per quanto consente la diversità dell'argomento, è condotta con metodo simile. Ma anche qui io non tenni alcun conto della superficie di raffreddamento.

Lo scopo del lavoro è di mostrare che esiste come per le dinamo a corrente continua un limite, che si può calcolare, della perdita percentuale nel rame; che, fissata questa *a priori*, si può calcolare direttamente la lunghezza dell'indotto; che vi è un rapporto più conveniente di qualunque altro fra la larghezza dei canali e l'intervallo tra un canale e l'altro. Infine mostrai come si può stabilire una regola per calcolare in generale la lunghezza dell'indotto *colla condizione di render minima la somma delle perdite nel rame, per effetto Joule, e nel ferro per isteresi.*

Come si vede da questo breve cenno, il mio lavoro è stato ben diverso da quello che può sembrare a chi legga soltanto la citazione fatta dal prof. Pasqualini.

I.

Osservazioni

sul metodo proposto dal Prof. Pasqualini.

2. — Dirò ora una parola sul metodo proposto dal prof. Pasqualini, anche per giustificarmi, se, nonostante la maggiore sua semplicità rispetto al mio, io non credo di dover abbandonare il procedimento da me suggerito, ed anzi stimo opportuno di ripresentarlo con aggiunte e schiarimenti.

Il metodo del Pasqualini è basato sull'*unica condizione* di rendere *minimo il volume del ferro dell'indotto.*

Ma per risolvere il problema con questa unica condizione, bisogna supporre dati *il numero di giri e la percentuale di perdita per effetto Joule* nel rame. Il metodo perciò non differisce molto dai metodi ordinari, e la condizione del minimo di volume ha soltanto per effetto di determinare il diametro indipendentemente dalla velocità periferica; il che piuttosto che un vantaggio è un inconveniente, perchè ne può risultare una velocità troppo grande o troppo piccola.

Bisogna quindi verificare se il valore della velocità è ammissibile; se ciò non è, bisogna cambiare il valore assegnato alla perdita nel rame. In altre parole si ritorna ai procedimenti per tentativi.

Il vantaggio di dare al nucleo di ferro il minimo volume, corrispondente ai valori adottati definitivamente per il numero di giri e per la perdita nel rame, è un vantaggio parziale, che non ha grande importanza. Non essendovi alcun criterio bene indicato per stabilire la perdita nel rame, si possono trovare infinite soluzioni, anche quando il numero di giri sia imposto da circostanze speciali.

Ma anche a questo riguardo io devo ripetere che il ritenere come un dato il numero di giri è una consuetudine, che potrà essere comoda in molti casi, ma non ha alcun carattere di generalità. Se la dinamo è azionata con trasmissioni, si può far variare come si vuole il numero di giri; se è accoppiata direttamente al motore, d'ordinario è perchè si costruiscono insieme motore e dinamo, e non vedo per qual ragione si debba obbligarsi a un dato numero di giri.

Si dirà che le Case costruttrici devono farsi dei modelli, dei tipi determinati, e questi corrispondono necessariamente a determinate velocità angolari. Ma è appunto per stabilire questi tipi che bisogna procurare di seguire il metodo più razionale.

3. — Ora, per meglio confrontare il metodo suggerito dal Pasqualini col mio, lo presenterò sotto una forma leggermente modificata, ma che non muta nulla alla sostanza della cosa.

Adotto, come nelle mie Note precedenti, le seguenti notazioni:

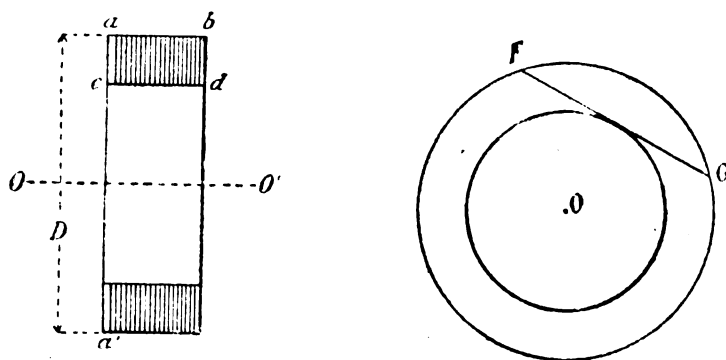



Fig. 1.

D = diametro esterno $a\,a'$ (fig. 1) del nucleo;

l = lunghezza $a\,b$ del nucleo;

α D = lunghezza del tratto di connessione fra due sezioni F e G dell'avvolgimento;

p = numero delle coppie di poli;

ρ = resistività del rame;

q = densità della corrente;

B = induzione media nella sezione $a\,b\,d\,c$, quando il flusso la traversa normalmente;

v = velocità periferica;

m = numero di spire che formano ciascuna sezione dell'avvolgimento, quando l'indotto è del tipo ad anello;

β = frazione del diametro occupata dal ferro; cosicchè $\beta D = 2 \,.\, ac$;

γ_1 = rapporto fra i watt dissipati nel rame per effetto Joule e la potenza della dinamo;

N = numero totale di fili alla periferia esterna dell'indotto;

E = forza elettromotrice totale;

y = corrente nel filo indotto;

i = corrente totale erogata dalla dinamo;

W = potenza della dinamo;

L = lunghezza totale del filo indotto;

σ = sezione del filo indotto.

La dimostrazione delle formole che io diedi nella Nota citata del 1900 si può riassumere brevemente.

Anzitutto si ha:

$i = 2y$ se l'avvolgimento è in *serie;*
$i = 2py$ » in *parallelo;*
$i = 2p'y$ » *misto*, cioè con un numero $2p'$ di circuiti derivati diverso dal numero $2p$ di poli.

La f. e. m. è data da:

$$\left.\begin{aligned} E &= \frac{10^{-8}}{\pi} p \beta B v l N \text{ se l'avvolgimento è in } \textit{serie} \\ E &= \frac{10^{-8}}{\pi} \beta B v l N \quad \text{» in } \textit{parallelo} \\ E &= \frac{10^{-8}}{\pi} \frac{p}{p'} \beta B v l N \quad \text{» } \textit{misto}. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Risulta in ogni caso:

$$E i = 2 \frac{10^{-8}}{\pi} p \beta B v l N y = W. \quad (2)$$

La perdita per effetto Joule si può scrivere:

$$\rho \frac{L}{\sigma} y^2 = \rho L q y = \gamma_1 W.$$

Sostituendo il valore precedente di W, si ottiene:

$$\rho L q = 2 \frac{10^{-8}}{\pi} p \beta B v l N \gamma_1.$$

D'altra parte è facile vedere che la lunghezza L, nel caso dell'indotto a tamburo, si può esprimere con

$$L = N(l + \alpha D),$$

e nel caso dell'indotto ad anello con

$$L = N \left\{ 2l + \left(\beta + \frac{\alpha}{m} \right) D \right\}.$$

Ponendo questi valori di L successivamente nella equazione precedente, si ottengono le formole seguenti:

per l'indotto a tamburo:

$$\frac{D}{l} = \frac{2 \gamma_1 C - 1}{\alpha} \quad (3)$$

per l'indotto ad anello:

$$\frac{D}{l} = \frac{2\gamma_1 C - 2}{\beta + \frac{\alpha}{m}} \qquad (4)$$

dove

$$C = \frac{10^{-8}\, p\, \beta\, B\, r}{\pi\, \rho\, q}. \qquad (5)$$

Siccome gli elementi dai quali dipende questa grandezza C hanno praticamente valori determinati, o compresi fra stretti limiti, ne risulta quanto dissi più sopra, che *la frazione γ_1 non si può stabilire in modo assolutamente arbitrario, ma deve mantenersi superiore a un determinato limite, che è*

$\frac{1}{2C}$ per l'avvolgimento a tamburo,

$\frac{1}{C}$ » ad anello.

In secondo luogo, stabilito γ_1, il rapporto fra diametro e lunghezza deve sodisfare a una delle relazioni (3) o (4).

Ora volendo esaminare la questione come fu posta dal prof. Pasqualini, cioè vedere come bisogna calcolare le dimensioni dell'indotto per rendere minimo il volume del nucleo, scriviamo l'espressione di questo volume, che è

$$V = \frac{\pi}{4}\beta(2-\beta)\, l\, D^2. \qquad (6)$$

Se, fissato γ_1, come fa il Pasqualini, vogliamo ritenere sodisfatte la relazione (3) o la (4), secondo che l'indotto è a tamburo o ad anello, evidentemente non vi può essere un minimo del volume, poichè se il rapporto $D : l$ è una quantità nota, il volume V viene ad essere semplicemente proporzionale a l^3, ovvero a D^3.

Ciò dipende dall'aver supposto indeterminato il numero di giri, e fissata la velocità periferica. Il Pasqualini invece suppone di stabilire non la velocità, ma il numero di giri.

Attenendoci per ora al caso dell'indotto a tamburo, posto nella (5)

$$v = \pi D n,$$

si ottiene dalla (3)

$$l = \frac{\alpha D}{C_1 D - 1} \qquad (7)$$

avendo scritto

$$C_1 = 2.10^{-8} \frac{p \beta B n \gamma_1}{\rho q}.$$

Il volume essendo proporzionale a $l D^2$, risulta proporzionale a

$$\frac{\alpha D^3}{C_1 D - 1},$$

quantità che ha il suo valore minimo quando

$$D = \frac{3}{2 C_1}.$$

Sostituendo il valore di C_1 si ottiene:

$$D = \frac{3.10^8 \rho q}{4 . p \beta B n \gamma_1}; \tag{8}$$

e siccome

$$C_1 D - 1 = \frac{1}{2},$$

risulta anche dalla (7)

$$l = 2 \alpha D. \tag{9}$$

Queste formole corrispondono a quelle del Pasqualini, con una piccola differenza, che dipende dal modo diverso di esprimere la lunghezza del filo che forma l'avvolgimento. Il Pasqualini chiamando c la corda F G (fig. 1), pone la lunghezza di una spira eguale a

$$2 \alpha_0 (l + c),$$

dove α_0 è un coefficiente di correzione, che sarà sempre un po' maggiore dell'unità, per tener conto della parte sporgente e dell'incurvamento dei tratti di connessione. Io invece ho applicato la correzione per mezzo del coefficiente α, che deve essere calcolato in modo che αD comprenda non solo la corda F G, ma la lunghezza effettiva del tratto di connessione.

Sono due modi approssimati di calcolo, che danno poi il medesimo risultato.

Volendo adottare il procedimento del Pasqualini, e limitandomi al caso più comune dell'indotto a tamburo, la formola (3) diventa:

$$\frac{D}{l} = \frac{2 \gamma_1 C - \alpha_0}{\alpha_0 \operatorname{sen} \frac{90}{p}}.$$

Siccome sen $\frac{90}{p}$ non è altro che il rapporto tra la corda e il diametro, si vede che α_0 sen $\frac{90}{p}$ viene ad avere assai prossimamente il valore che abbiamo già attribuito ad α; mentre nel numeratore α_0 differisce poco da 1.

Se ora si pone $v = \pi \, D \, n$, si ottiene, invece della (8),

$$D = \frac{3.10^8 \rho \, q \, \alpha_0}{4 \, p \, \beta \, B \, n \, \gamma_1}, \tag{10}$$

e, invece della (9),

$$l = 2 \operatorname{sen} \frac{90}{p} D. \tag{11}$$

Siccome il coefficiente α è un po' maggiore di sen $\frac{90}{p}$, così, se si adotta il mio modo di calcolare la lunghezza della spira, si ottiene un rapporto $\frac{l}{D}$ alcun poco maggiore, e un diametro un po' minore. La lunghezza l risulta quasi eguale.

Potremo dunque nel seguito della discussione considerare indifferentemente le formole (8) e (9), invece delle (10) e (11), come esprimenti la regola del Pasqualini.

4. — La prima osservazione che convien fare su di essa è che il valore della velocità periferica v risulta necessariamente determinato. Infatti, posto nella (8) $D \, n = \frac{v}{\pi}$, si ottiene:

$$v = \frac{3.10^8 \pi \rho \, q}{4 \, p \, \beta \, B \, \gamma_1}. \tag{12}$$

Ossia il metodo Pasqualini contiene la condizione che la velocità periferica abbia una certa grandezza, senza però far conoscere questa grandezza, se non come una conseguenza dei valori assegnati ad altri elementi. Questo ci sembra un difetto del metodo, perchè non è ammissibile che si debba accettare il valore di v qualunque esso sia; per utilizzare bene il materiale è evidente che conviene spingere la velocità fino al limite massimo consentito dal tipo di costruzione.

Se per sodisfare a questa condizione si fissa γ_1 in modo che la (12) dia una determinata velocità, osservo che allora la regola Pasqualini non ha più alcun valore; perchè in tal caso ciò che si stabilisce come

dato è la velocità v insieme coi giri n, e quindi il diametro risulta determinato.

Il problema andrebbe quindi cambiato; e si direbbe: Dato il numero di giri n, la velocità v e quindi il diametro D, trovare la lunghezza l in modo da rendere minimo il volume.

In questo caso la formola (3) contiene come incognite l e γ_1. Il volume è proporzionale a $l\,D^2$, ossia a

$$\frac{\alpha\, D^3}{2\,\gamma_1\, C - 1},$$

e quindi è tanto più piccolo quanto maggiore è γ_1; non vi è altro minimo che lo zero. Praticamente non si vede a qual punto bisogna arrestarsi nell'accrescere γ_1 per trovarsi in condizioni vantaggiose, sia rispetto al peso della macchina, sia rispetto al rendimento.

La regola del Pasqualini, sia colla formola (8), sia colla (10), ci dà con molta approssimazione il diametro inversamente proporzionale al prodotto $n\,\gamma_1$, qualunque sia la potenza della dinamo. Infatti è facile vedere che il prodotto $p\,\beta\,B$, che entra nel denominatore, è una quantità pochissimo variabile da una macchina all'altra, ed anzi, trattandosi di un metodo di calcolo preventivo, non ci sarebbe ragione di scegliere valori diversi da un caso all'altro, salvo che si abbia del ferro di qualità scadente, e pel quale si debba supporre un valore molto basso dell'induzione.

5. — Il flusso che traversa la sezione $c\,d$, colla induzione B, è metà di quello che esce dalla faccia polare P Q e traversa l'interferro coll'intensità che diremo H.

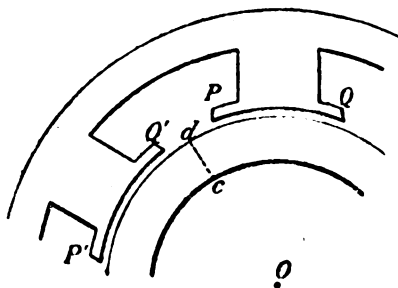



Fig. 2.

Indichiamo con g il rapporto tra l'ampiezza polare P Q e il semipasso P P'.

Il semipasso è $\frac{\pi D}{2p}$, e quindi avremo

$$PQ = \frac{\pi D}{2p} g.$$

D'altra parte lo spessore *cd* è uguale a $\beta \frac{D}{2}$ e, per l'uguaglianza dei flussi sopra detta, si avrà

$$2 \beta \frac{D}{2} B = \frac{\pi D}{2p} g H,$$

ossia

$$p \beta B = \frac{\pi}{2} g H. \qquad (13)$$

Siccome g si fa poco diverso da $\frac{2}{3}$, si ha prossimamente

$$p \beta B = H; \qquad (14)$$

valore poco variabile, come si disse, perchè in generale si procura di raggiungere nell'interferro la massima induzione media possibile. In ogni modo si vede che il prodotto $p \beta B$, se può farsi variare da una dinamo all'altra, è però una quantità che conserva *un valore assai prossimo alla intensità del campo nell'interferro.*

Così pure la densità q della corrente dovrebbe tenersi sempre assai prossima ad un determinato valore; solo accrescendola di poco quando si deve funzionare a più basse tensioni con minore isolamento.

Posto nella (8), per esempio,

$$\rho = 2.10^{-6}, \qquad q = 320, \qquad p \beta B = H,$$

si ha

$$D = \frac{48000}{H n \gamma_1}.$$

e cogli stessi valori nella (12)

$$r = \frac{150000}{H \gamma_1}.$$

Ora si domanda: quale sarà il valore da scegliere per γ_1? e quale per n?

Evidentemente la soluzione è sempre possibile; ma, appunto perchè le soluzioni sono infinite, bisognerebbe avere qualche criterio che servisse di guida per stabilire i valori arbitrari di γ_1 e di n. Sta bene che, fissate queste grandezze, le formole precedenti ci danno le di-

mensioni che rendono minimo il volume; ma è naturale domandarsi se fissando altri valori di γ_1 e di n si possa ottenere un volume minore.

Osservo che nella espressione del volume del ferro, come è data dalla formola (6), oltre il prodotto $l\,D^2$ entra il rapporto β; ma questo rapporto dipende dal numero dei poli, dalla loro ampiezza relativa e dai valori adottati per l'induzione nel nucleo e nell'interferro; tutte quantità che si devono ritenere come note o stabilite a priori. Dunque il volume è proporzionale a $l\,D^2$; che se si pone in luogo di l e D i loro valori dati dalla (10) e dalla (11), possiamo dire che il volume è inversamente proporzionale al cubo di $n\,\gamma_1$.

Dato n, come suppone il Pasqualini, bisognerebbe adunque fissare γ_1 abbastanza grande da rendere il volume piuttosto piccolo. Ma anche qui non si vede fino a qual punto convenga aumentare γ_1.

Nasce invece spontanea l'idea di introdurre la condizione delle minime perdite; poichè se, per far diminuire il volume del ferro, bisogna accrescere la perdita γ_1 nel rame, ciò val quanto dire che la potenza assorbita per effetto Joule cresce quando diminuisce la potenza assorbita per isteresi nel ferro; deve dunque esistere una condizione intermedia, che rende minima la somma delle due perdite.

Ed è appunto per aver fatto delle considerazioni di questo genere, che, quando mi posi a studiare il problema del calcolo della dinamo, non mi soffermai all'idea di rendere minimo il volume; e dopo aver risoluto il problema precisamente come ora ha fatto il prof. Pasqualini, abbandonai quella soluzione, che non mi sembrava sodisfacente, e mi avvidi che bisognava procedere diversamente.

II.

Metodo dell'Autore.

Dinamo a corrente continua.

Calcolo delle dimensioni dell'indotto colla condizione di rendere minima la somma delle perdite γ_1 nel rame e γ_2 nel ferro.

6. — Le formole esposte nella mia Nota del 10 marzo 1900 si riassumono nel modo seguente.

La perdita γ_1 nel rame per effetto Joule si deduce dalle (3) e (4), e risulta:

per l'indotto a tamburo $$\gamma_1 = \frac{1}{2\,C} + \frac{\alpha\,D}{2\,C\,l}; \qquad (15)$$

per l'indotto ad anello $\gamma_1 = \frac{1}{C} + \left(\beta + \frac{\alpha}{m}\right) \frac{D}{2 C l}$. (16)

La perdita per isteresi nel nucleo di ferro è una frazione γ_2 della potenza W della macchina, e, adottando la formola di Steinmetz, si esprime con

$$\gamma_2 W = 10^{-7} \eta B_1^{1,6} \alpha_1 V \frac{p v}{\pi D},$$

essendo B_1 l'induzione nel ferro, α_1 la frazione del volume V occupata dal ferro, $\frac{p v}{\pi D}$ il numero di cicli d'isteresi al secondo. Se si sostituisce a V la sua espressione (6) e si pone per brevità

$$\frac{10^{-7}}{4} \eta B_1^{1,6} \alpha_1 \beta (2 - \beta) p v = M, \tag{17}$$

si ha

$$\gamma_2 = \frac{M D l}{W}. \tag{18}$$

Sommando le due perdite, si ottiene:

per l'indotto a tamburo, dalle (16) e (18):

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 = \frac{1}{2 C} + \frac{\alpha D}{2 C l} + \frac{M D l}{W}; \tag{19}$$

per l'indotto ad anello, dalle (17) e (18):

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 = \frac{1}{C} + \left(\beta + \frac{\alpha}{m}\right) \frac{D}{2 C l} + \frac{M D l}{W}. \tag{20}$$

Rispetto al diametro non vi è minimo, salvo che per $D = 0$; dunque converrà dare al diametro il valore più piccolo compatibile colle altre condizioni pratiche, come vedremo appunto in seguito. Invece rispetto alla lunghezza vi è un minimo, che si ottiene derivando l'espressione di γ rispetto ad l ed eguagliando a zero. Si ha così:

per l'indotto a tamburo:

$$l = \sqrt{\frac{\alpha W}{2 C M}}; \tag{21}$$

per l'indotto ad anello:

$$l = \sqrt{\left(\beta + \frac{\alpha}{m}\right) \frac{W}{2 C M}}; \tag{22}$$

e queste sono le formole fondamentali.

7. — Calcolata con queste formole la lunghezza l, ho mostrato, nella mia Nota citata, come si possa calcolare il diametro per mezzo di una relazione generale che deve sussistere fra l, D e lo spessore δ dell'avvolgimento, qualunque sia il tipo d'indotto. Infatti, se si indica con α' il rapporto fra la sezione totale dell'avvolgimento e la sezione del conduttore, qualunque sia la forma di quest'ultimo e il modo di applicazione sul nucleo, sia questo liscio, dentato o forato, sempre si ha la relazione:

$$\pi D \delta = \alpha' N \sigma = \alpha' N \frac{y}{q}.$$

S'intende che lo spessore δ si ritiene molto piccolo relativamente al diametro esterno D.

Se al posto di Ny si sostituisce il suo valore, quale si deduce dalla (2), e per brevità si scrive

$$p \beta B v = P, \tag{23}$$

si ottiene

$$D = \frac{10^8 \alpha' W}{2 P q l \delta}. \tag{24}$$

Il rapporto α' si può stabilire a priori conoscendo la forma dei conduttori e lo spessore degli strati isolanti; ed è appunto sul modo di procedere nell'uso di quest'ultima formola che stimo opportuno aggiungere qui alcune considerazioni.

8. — Comincio dall'osservare che la formola (22) per l'indotto ad anello differisce dalla (21) per l'indotto a tamburo soltanto per la sostituzione del binomio $\beta + \frac{\alpha}{m}$ al coefficiente α. Perciò, studiato il caso dell'indotto a tamburo, i risultati si potranno facilmente estendere anche all'anello.

Sostituisco nella (24) il valore di l dato dalla (21), ponendovi inoltre per C e M i valori espressi dalla (5) e dalla (17). Ottengo

$$D = \frac{\alpha'}{\delta} B_1^{0,3} \sqrt{\frac{10 \eta (2-\beta) W}{8 \pi \rho q^3 \alpha}}. \tag{25}$$

E così la (21) colle medesime sostituzioni dà

$$l = \frac{1}{P B_1^{0,3}} \sqrt{\frac{2.10^{15} \pi \rho q \alpha W}{\eta (2-\beta)}}, \tag{26}$$

ed il rapporto fra lunghezza e diametro risulta:

$$\frac{l}{D} = \frac{4.10^7 \pi \rho q^2 \alpha \delta}{P \eta B_1^{0,6} \alpha' (2-\beta)}. \tag{27}$$

Conviene scrivere per brevità:

$$k_1 = \sqrt{\frac{10}{8 \pi \rho q^3}}$$

$$k_2 = \sqrt{2.10^{15} \pi \rho q}$$

$$k_3 = \frac{k_1}{k_2} = 4.10^7 \pi \rho q^2$$

Per rendere più comodo il calcolo ho raccolto nelle tabelle seguenti i valori di P, k_1, k_2, k_3, $B_1^{0,3}$ e $B_1^{0,6}$.

In queste tabelle ho supposto di far variare

ρ	da	$1,6.10^{-6}$	a	2.10^{-6}
q	»	200	»	500 amp. per cm²
H	»	4000	»	7000
v	»	1000	»	2500 cm. al secondo
g	»	0,6	»	0,8
B_1	»	10000	»	17000

TABELLA I.

Valori di $P = p \beta B v = \frac{\pi}{2} g H v$.

NB. I numeri di questa tabella vanno moltiplicati per 10^4.

$g = 0,6$.

	H — 4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	Differenza per 100
$v =$ 1000	377	424	471	518	565	612	660	9,4
1100	415	467	518	570	622	674	726	10,4
1200	452	508	565	621	678	735	792	11,3
1300	490	551	612	674	735	796	858	12,2
1400	528	594	659	726	791	857	924	13,2
1500	565	636	707	777	848	919	990	14,1
1600	603	678	754	829	905	980	1056	15,1
1700	640	720	801	880	961	941	1122	16,0
1800	678	763	848	932	1018	1002	1188	17,0
1900	716	805	895	984	1074	1064	1254	17,9
2000	754	848	942	1037	1131	1225	1320	18,8
2100	792	891	989	1089	1188	1287	1386	19,8
2200	829	933	1036	1140	1244	1348	1452	20,7
2300	867	975	1084	1192	1301	1409	1518	21,7
2400	905	1018	1131	1244	1357	1470	1584	22,6
2500	942	1060	1178	1296	1414	1532	1650	23,6

$g = 0{,}7.$

	H = 4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	Differenza per 100
v = 1000	440	495	550	605	660	715	770	11,0
1100	484	544	605	665	726	786	847	12,1
1200	528	594	660	726	792	858	924	13,2
1300	572	643	715	786	858	929	1001	14,3
1400	616	693	770	847	924	1001	1078	15,4
1500	660	742	825	907	990	1072	1155	16,5
1600	704	792	880	968	1056	1144	1232	17,6
1700	748	841	935	1028	1122	1215	1309	18,7
1800	792	891	990	1089	1188	1287	1386	19,8
1900	836	940	1045	1149	1254	1358	1463	20,9
2000	880	990	1100	1210	1320	1430	1540	22,0
2100	924	1039	1155	1270	1386	1501	1617	23,1
2200	968	1089	1210	1331	1452	1573	1694	24,2
2300	1012	1138	1265	1391	1518	1644	1771	25,3
2400	1056	1188	1320	1452	1584	1716	1848	26,4
2500	1100	1237	1375	1512	1650	1787	1925	27,5

$g = 0{,}8.$

	H = 4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	Differenza per 100
v = 1000	503	566	628	691	754	817	880	12,6
1100	553	623	691	760	829	899	968	13,8
1200	604	679	754	829	905	980	1056	15,1
1300	654	736	816	898	980	1062	1144	16,3
1400	704	792	879	968	1056	1144	1232	17,6
1500	754	848	942	1037	1131	1225	1319	18,8
1600	804	905	1005	1106	1206	1307	1407	20,1
1700	855	962	1068	1175	1282	1389	1495	21,4
1800	905	1018	1131	1244	1357	1471	1583	22,6
1900	955	1075	1194	1313	1433	1552	1671	23,9
2000	1005	1131	1257	1382	1508	1634	1759	25,1
2100	1056	1188	1320	1451	1583	1716	1847	26,4
2200	1106	1244	1383	1521	1659	1797	1935	27,7
2300	1156	1301	1446	1590	1734	1879	2023	28,9
2400	1207	1357	1509	1659	1810	1961	2111	30,2
2500	1257	1414	1571	1728	1885	2042	2199	31,4

TABELLA II.

Valori di $k_1 = \sqrt{\frac{10}{8 \pi \rho q^3}}$.

	q = 200	250	300	350	400	450	500
$\rho = 1{,}6.10^{-6}$	0,1763	0,1261	0,0960	0,0761	0,0623	0,0522	0,0446
1,7	1710	1223	931	739	605	507	433
1,8	1662	1189	905	718	588	492	421
1,9	1618	1158	881	699	572	479	409
2,0	1577	1128	839	681	558	467	399

TABELLA III.

Valori di $k_2 = \sqrt{2.10^{15} \pi \rho q}$.

	$q =$ 200	250	300	350	400	450	500
$\rho = 1{,}6.10^{-6}$	1418.10^3	1585.10^3	1737.10^3	1876.10^3	2005.10^3	2127.10^3	2242.10^3
1,7	1462	1634	1790	1934	2067	2193	2311
1,8	1504	1681	1842	1990	2127	2256	2378
1,9	1545	1727	1892	2044	2185	2317	2443
2,0	1585	1772	1941	2097	2242	2377	2507

TABELLA IV.

Valori di $k_3 = 4.10^7 \pi \rho q^2$

	$q =$ 200	250	300	350	400	450	500
$\rho = 1{,}6.10^{-6}$	804.10^4	1256.10^4	1810.10^4	2462.10^4	3217.10^4	4070.10^4	5027.10^4
1,7	854	1334	1923	2615	3418	4323	5341
1,8	905	1414	2036	2772	3619	4581	5655
1,9	955	1492	2149	2925	3820	4835	5969
2,0	1005	1570	2265	3078	4021	5088	6283

TABELLA V.

B_1	$B_1^{0,3}$	$B_1^{0,6}$	B_1	$B_1^{0,3}$	$B_1^{0,6}$
5000	12,9	166	13000	17,2	294
6000	13,6	185	14000	17,5	307
7000	14,2	203	15000	17,9	320
8000	14,8	220	16000	18,3	333
9000	15,4	236	17000	18,6	345
10000	15,8	251	18000	18,9	357
11000	16,3	266	19000	19,2	369
12000	16,7	280	20000	19,5	381

Le formole per calcolare il diametro e la lunghezza sono quindi le seguenti:

$$D = k_1 \, B_1^{0,3} \, \frac{\alpha'}{\delta} \sqrt{\frac{2-\beta}{\alpha} \, \gamma_1 \, W}, \tag{28}$$

$$l = \frac{k_2}{P \, B_1^{0,3}} \sqrt{\frac{\alpha \, W}{(2-\beta) \, \gamma_1}}, \tag{29}$$

e volendo direttamente il rapporto fra l e D, si prenderà la formola:

$$\frac{l}{D} = \frac{k_3}{P\,B_1^{0,6}} \, \frac{\delta}{\alpha'} \, \frac{\alpha}{(2-\beta)\,\eta} \,. \tag{30}$$

Da queste formole risulta:

1° *La lunghezza* l *è pienamente determinata quando siano assegnati i valori della induzione e della velocità periferica e il numero di poli;* poichè, dato il numero p, se ne ricavano necessariamente i valori di α e β;

2° *Per calcolare* l *non occorre conoscere nè* α' *nè* δ, cioè non occorre conoscere quale spessore debba occupare l'avvolgimento e quale sia lo spazio occupato dall'isolante, o, nel caso di un indotto dentato, quale sia la proporzione fra i denti e i canali;

3° Invece, *per calcolare D è necessario conoscere il rapporto fra* α' *e* δ, *ma non occorre assegnare la velocità*, e pochissima influenza vi ha il valore dell'induzione;

4° Se si vuol accrescere l'induzione e la velocità, si deve far diminuire la lunghezza, ma il diametro rimane inalterato; cambiando la forma e la disposizione dei conduttori, si deve far variare il diametro, ma la lunghezza non cambia.

È utile anche notare che, col crescere della densità di corrente, il diametro diminuisce piuttosto rapidamente, perchè il coefficiente k_1 è inversamente proporzionale a $\sqrt{q^3}$. Invece la lunghezza aumenta, ma più lentamente, perchè il coefficiente k_2 è proporzionale a $\sqrt{q}$.

Valori del rapporto $\frac{\alpha'}{\delta} = u$.

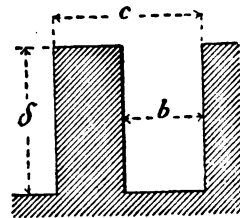
9. — Considero il caso d'un indotto dentato, che è il più generale, dove sia c (V. fig. 3) la larghezza complessiva di un dente e di un canale, b quella del canale, σ la sezione di un conduttore, m' il numero di conduttori contenuti in un canale. Per definizione, il coefficiente α' è dato dalla relazione:

$$\alpha' = \frac{c\,\delta}{m'\,\sigma}, \text{ e quindi: } u = \frac{c}{m'\,\sigma}\,.$$

Fig. 3.

Ovvero, ponendo $c = \alpha'' b$,

$$u = \frac{\alpha''\,b}{m'\,\sigma}\,.$$

Nel caso dell'indotto liscio, $\alpha'' = 1$; nell'indotto dentato sarà in generale α'' maggiore di 1 e prossimo a 2.

La larghezza b *nell'indotto liscio* non è altro che il diametro del filo coperto, se questo è a sezione circolare; in ogni caso sarà la dimensione trasversale del conduttore, che viene disposta parallelamente alla periferia, e che si conosce esattamente, una volta scelta la forma del conduttore, la cui sezione è nota, perchè si sa da quale corrente deve essere percorso e con quale densità.

Per l'*indotto liscio*, m' è il numero di strati.

Nell'*indotto dentato* si assegna la larghezza b del canale in relazione colle dimensioni adottate pel conduttore, e così pure si assegna il numero m' di conduttori per ciascun canale in relazione col tipo scelto per l'avvolgimento. Bisogna però stabilire *a priori* anche il rapporto α''. Un criterio per ciò potrà essere la necessità di dare al dente una sufficiente robustezza; d'altronde la pratica della costruzione ha già insegnato quale è lo spessore conveniente dei denti, e non sarà difficile assegnare un valore opportuno ad α''.

Si noti che *nel caso dell'indotto dentato non occorre preoccuparsi dell'interferro*, per calcolare il diametro D, poichè lo spessore δ non ha alcuna relazione coll'interferro.

Invece *nel caso dell'indotto liscio conviene tener conto dell'interferro*, per vedere se, dato il valor minimo d'interferro richiesto dal buon funzionamento della macchina, si possa disporre il conduttore in modo da occupare uno spessore δ minore di tale valor minimo, per non essere poi costretti ad accrescere l'interferro e quindi la spesa per l'eccitazione.

Per farsi un concetto del valore numerico del rapporto $\frac{\alpha'}{\delta}$, consideriamo i casi più ordinari di avvolgimenti lisci e dentati.

Indotto liscio. — Si ha sempre $\alpha'' = 1$. Se il conduttore è a sezione circolare e si adotta la solita formola empirica per calcolare lo spessore dell'isolante, valevole per basse tensioni, si ha

$$b = 0,026 + 1,12\, d_n$$

chiamando d_n il diametro del filo nudo (fig. 4). Allora:

$$\frac{b}{\sigma} = 4\, \frac{0,026 + 1,12\, d_n}{\pi\, d_n^2}$$

si hanno i seguenti valori di u:

m'	$d_n = 0,1$	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
1	17,53	10,98	7,95	5,10	3,77	2,98	2,47	1,83	1,46
2	8,76	5.49	3,97	2,55	1,88	1,49	1,23	0,91	0,73

Se il conduttore è a sezione rettangolare, lo spessore dell'isolante si può calcolare colla stessa formola (come suggerisce il Kapp), però soltanto finchè i due lati del rettangolo son poco diversi fra loro. Per sezioni allungate bisogna assegnare lo spessore dell'isolante, conoscendo il materiale che si ha a disposizione.

In generale si noti che il rapporto u risulta minore colla sezione rettangolare, rispetto alla sezione circolare, perchè si utilizza meglio lo spazio riservato all'avvolgimento.

Per esempio, sia il conduttore a sezione rettangolare come quello della fig. 5, e precisamente:

$$a = 0{,}4 \qquad\qquad a' = 0{,}55.$$

Lo spessore dell'isolante si può prendere eguale a 0,043, come si

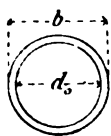
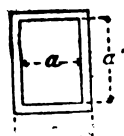



Fig. 4. Fig. 5.

avrebbe colla formola precedente per un diametro prossimo a 5. Allora si ottiene $b = 0{,}486$ e quindi:

$$u = \frac{0{,}486}{0{,}4 \,.\, 0{,}55} = 2{,}21\,,$$

mentre col filo a sezione circolare di diametro 0,5, cioè di sezione equivalente, si avrebbe 2,98.

Indotto dentato. — In questo caso α'' è sempre maggiore di 1; in generale sarà prossimo a 2 o poco minore, perchè è buona regola utilizzare la periferia, facendo i canali un po' più larghi dei denti, restringendoli soltanto verso la periferia esterna per dare maggior superficie al ferro di fronte alle espansioni polari.

Se si fa $\alpha'' = 2$, cioè la larghezza del dente eguale, in media, a quella del canale, i valori di u diventano esattamente doppi dei precedenti. Se vi sono due strati di conduttori, il rapporto $\alpha' : \delta$ risulta eguale a quello che si ha con un solo strato nell'indotto liscio. È poi indifferente che i due strati si ottengano ponendo soltanto due conduttori sovrapposti in ogni canale, ovvero un numero pari qualunque.

Però α'', abbiamo detto, sarà quasi sempre un po' minore di 2; inoltre all'isolante che ricopre il conduttore di rame si aggiungono di solito altri strati isolanti che ricoprono le pareti dei canali. Perciò la larghezza del canale si potrà stabilire in ogni caso, tenuto conto delle dimensioni dei conduttori e dello spessore dell'isolante, in relazione colla tensione a cui deve lavorare la dinamo.

Supponiamo di voler disporre i conduttori a 4 a 4, in ciascun canale, come nella fig. 6; e sia 0,35 per 0,9 la sezione di ciascun conduttore. Per lasciare lo spazio sufficiente a un buon isolamento, facciamo la larghezza del canale $b = 1,1$; poniamo $\alpha'' = 1,8$, ed avremo:

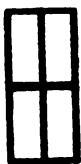



Fig. 6.

$$u = \frac{1,8 \,.\, 1,1}{4 \,.\, 0,35 \,.\, 0,9} = 1,57.$$

Maggiore risulta questo rapporto quando si fanno avvolgimenti con filo sottile, per tensioni elevate, cosicchè si debbono collocare molti fili in un medesimo canale.

Per esempio, supponiamo di voler fare canali di 0,7 cm. di larghezza e tali da contenere ciascuno 24 fili da 0,125. Sia inoltre il rapporto $\alpha'' = 1,8$. Avremo $\sigma = 0,0123$;

$$u = \frac{1,8 \,.\, 0,7}{24 \,.\, 0,0123} = 4,26.$$

Si noti bene che per fare questo calcolo *non occorre conoscere la profondità δ dei canali.* A calcolo finito, determinate le dimensioni principali dell'indotto, si potrà dare ai canali la profondità δ più conveniente per la costruzione, senza che ciò influisca sulle relazioni che hanno servito pei calcoli precedenti.

Ma un'altra osservazione importante è che per determinare il rapporto *u non è neppure necessario di stabilire qual forma debba avere la sezione del conduttore;* basta conoscere la sezione σ. Ed è chiaro che, in ogni caso, sarà facile assegnare alle quantità b ed m' dei valori opportuni per risolvere il problema.

Valori del rapporto $\frac{2 - \beta}{\alpha}$.

10. — Per terminare la discussione delle formole (28) e (29), ci resta a fare qualche osservazione a proposito dei valori che può assumere il rapporto $\frac{2 - \beta}{\alpha}$.

Ricordo anzitutto che dalla (13) si ha

$$\beta = \frac{\pi g \mathrm{H}}{2 p \mathrm{B}} .$$

Inoltre abbiamo veduto che α è poco maggiore di sen $\frac{90}{p}$. Ne risulta che l'espressione:

$$\frac{2 - \frac{\pi g \mathrm{H}}{2 p \mathrm{B}}}{\mathrm{sen}\, \frac{90}{p}}$$

avrà una grandezza non molto diversa da $\frac{2 - \beta}{\alpha}$, e in ogni caso un poco maggiore.

Ora è interessante osservare come varia questa grandezza al variare del numero dei poli; perciò ho raccolto nella seguente tabella i valori che assume il detto rapporto quando si faccia variare

p da 1 a 10, e la quantità $\frac{\pi g \mathrm{H}}{2 \mathrm{B}}$ da 0,2 a 0,6.

p —		1	2	3	4	5	6	10
$\frac{\pi g \mathrm{H}}{2 \mathrm{B}}$	0,2	1,80	2,68	3,87	5,09	6,35	7,59	12,69
	0,3	1,70	2,61	3,80	5,02	6,28	7,53	12,63
	0,4	1,60	2,54	3,73	4,95	6,22	7,46	12,56
	0,5	1,50	2,47	3,67	4,89	6,16	7,40	12,50
	0,6	1,40	2,40	3,60	4,83	6,09	7,33	12,44

Se si eccettua la prima colonna ($p = 1$), che corrisponde alla dinamo bipolare, gli altri numeri di questa tabella sono poco variabili in ciascuna colonna, e da una colonna all'altra crescono proporzionalmente a p, cosicchè si potrebbe adottare quasi con sufficiente approssimazione un valor medio:

$$\frac{2 - \beta}{\alpha} = 1{,}25\, p ;$$

e siccome, come si è detto, bisognerà poi correggere questo risultato, dando un aumento ad α, per tener conto della particolare forma dei tratti di connessione, che saranno sempre più lunghi della corda, si verrà ad ottenere un numero poco diverso da p.

11. — Se infine si riflette che $B_1^{0,3}$ è assai prossimo a 18 per B_1 variabile intorno a 15000, che sarà il caso più comune, si possono scrivere le formole semplificate:

$$D = 18\, k_1\, u \sqrt{p\, \eta\, W} \tag{31}$$

$$l = \frac{k_2}{18\, P} \sqrt{\frac{W}{p\, \eta}} \tag{32}$$

$$\frac{l}{D} = \frac{k_3}{324\, P\, p\, \eta\, u}\, . \tag{33}$$

Sebbene queste formole contengano dei coefficienti che suppongono già fissati alcuni elementi, tuttavia rappresentano con sufficiente larghezza le relazioni generali fra le dimensioni l e D, e mostrano anzitutto come *queste due dimensioni debbano essere proporzionali alla radice quadrata della potenza.*

Risulta poi che il rapporto fra lunghezza e diametro è inversamente proporzionale al numero di poli, ma dipende anche da parecchi altri elementi, che possono variare molto da un caso all'altro. Qui ricorderò che colla regola Pasqualini sarebbe il rapporto $\frac{l}{D}$ dipendente solo da p, e cioè:

per $p = 1$	$\frac{l}{D} = 2$
» 2	» 1,41
» 3	» 1
» 4	» 0,76
» 5	» 0,62
» 6	» 0,52
» 10	» 0,31.

Invece col mio metodo influisce sul detto rapporto anche la quantità:

$$\frac{1}{u} = \frac{m\, \sigma}{a''\, b}$$

proporzionale a σ, e quindi alla corrente che deve erogare la dinamo.

Un esempio numerico gioverà a mostrare la semplicità del calcolo.

Supponiamo di voler calcolare l'indotto di una dinamo a 6 poli, della potenza di 60 kilowatt, con indotto dentato e per una corrente di 240 ampère. L'avvolgimento sia in parallelo, cosicchè la corrente nel filo indotto sarà $y = 40$; posta la densità $q = 300$, la sezione del filo risulta:

$$\sigma = \frac{40}{300} = 0,1333.$$

Scelto un filo a sezione circolare, il diametro sarebbe 0,41 e coperto circa 0,49. Per lasciare lo spazio ad altro isolante faremo la larghezza di un canale $b = 0{,}57$; in ogni canale collocheremo 2 fili, e riterremo $\alpha'' = 1{,}8$. Risulta:

$$u = \frac{1{,}8 \cdot 0{,}57}{2 \cdot 0{,}1333} = 3{,}85.$$

Facciamo $n = 0{,}002$, e nella Tabella II, in corrispondenza di $q = 300$, prendiamo $k_1 = 0{,}0905$. Si ha, colla formola (31),

$$D = 18 \cdot 0{,}0905 \cdot 3{,}85 \sqrt{3 \cdot 0{,}002 \cdot 60000} = 119.$$

Poniamo inoltre:

$$H = 6000$$
$$g = 0{,}7$$
$$v = 1800.$$

Dalla Tabella I si ha

$$P = 1188 \cdot 10^4$$

e dalla Tabella III, per $q = 300$ e $\rho = 1{,}8 \cdot 10^{-6}$,

$$k_2 = 1842 \cdot 10^3$$

e quindi colla formola (32):

$$l = \frac{1842 \cdot 10^3}{18 \cdot 1188 \cdot 10^4} \sqrt{\frac{60000}{3 \cdot 0{,}002}} = 27{,}2.$$

Il calcolo non richiede altre verifiche, perchè tutti gli elementi dell'avvolgimento sono pienamente determinati, in modo da corrispondere esattamente alle dimensioni trovate.

Noto che il risultato non viene per nulla modificato, se, invece di due conduttori sovrapposti in ciascun canale, si volesse collocarne 4, in due strati, attribuendo al canale una larghezza doppia. Però sostituendo ai fili con sezione circolare dei conduttori a sezione rettangolare, molto schiacciati, come nella fig. 6, si può ridurre notevolmente il diametro.

Poniamo, ad esempio, $b = 0{,}8$; avremo:

$$u = \frac{1{,}8 \cdot 0{,}8}{4 \cdot 0{,}1333} = 2{,}70.$$

Il diametro vien ridotto nel rapporto di 3,85 a 2,70, e risulta:

$$D = 119 \cdot \frac{2{,}70}{3{,}85} = 83{,}5.$$

12. — Volume dell'indotto. — È utile tener presente l'espressione del volume, per vedere da quali elementi esso dipende, e quindi quali

modificazioni convenga introdurre nei dati del problema, quando si voglia ridurre il volume entro determinati limiti di grandezza.

Siccome β è determinato entro limiti ristretti in relazione col numero dei poli, come risulta dalla formola (13) o dalla (14), la espressione (6) ci dice che il volume si può ritenere proporzionale a $D^2 l$. Ora si ha dalle (31) e (32):

$$D^2 l = 18 \frac{k_1^2 k_2 u^2}{P} \sqrt{p \eta W^3}. \tag{34}$$

Si rende piccolo il volume col far piccolo u e grande P.

Per impicciolire u conviene evidentemente fare piccolo α'', cioè denti sottili rispetto alla larghezza dei canali, aumentare m' disponendo parecchi strati di conduttori, a sezione rettangolare, molto allungata in direzione radiale, per far si che anche il valore assoluto di b sia piccolo.

Per accrescere P bisogna aumentare i valori di H, v e g; non solo adunque conviene adottare campi intensi e grandi velocità, ciò che è evidente *a priori*, ma giova che sia grande il rapporto fra l'espansione polare e il semipasso.

Il volume risulta inoltre proporzionale alla radice quadrata del coefficiente d'isteresi, e infine esso è tanto minore quanto maggiore è la densità di corrente.

Quest'ultimo risultato appare dal fattore $k_1^2 k_2$ della formola (34); poichè è facile vedere che questo fattore è inversamente proporzionale a $\sqrt{q^5}$.

Invece col metodo suggerito dal prof. Pasqualini si giunge ad un risultato affatto diverso. Infatti colle formole (8) e (9) si ottiene:

$$D^2 l = 2 \alpha \left(\frac{3 \cdot 10^8 \rho q}{4 p \beta B n \gamma_1} \right)^3 \tag{35}$$

donde appare che, fissati gli altri elementi, col crescere di q il volume aumenta rapidissimamente.

13. — Riassunto. — In conclusione io credo che il metodo da me proposto, cogli schiarimenti ora aggiunti, non lasci luogo ad alcuna incertezza, e, mentre è fondato su principii semplici e razionali, conduce rapidamente ad assegnare le dimensioni dell'indotto e quindi di tutta la macchina, con risultati che corrispondono benissimo alle esigenze della pratica.

È appena necessario di rammentare che le note regole, colle quali si studia la larghezza più conveniente da adottare per l'interferro,

non solo non impediscono di applicare il mio metodo, ma possono servire di aiuto per stabilire alcuni elementi del problema. La conoscenza dell'interferro ha importanza segnatamente nel caso dell'indotto liscio, poichè, dato l'interferro minimo necessario per una buona commutazione, si ha un criterio per assegnare lo spessore dell'avvolgimento, e quindi il numero degli strati.

Il procedimento del calcolo è semplicissimo. Stabiliti gli elementi necessari coi criteri sopra enunciati, si calcolano D ed l colle formole (25) e (26), ovvero colle equivalenti (28) e (29), servendosi delle tabelle, od anche colle formole ridotte (31) e (32), se si crede l'approssimazione sufficiente.

Dalla formola (2) si ricava quindi il numero di fili utili:

$$N = \frac{10^8 \pi W}{2 P l y} . \qquad (36)$$

Tutti gli elementi di questa formola sono già noti dai calcoli precedenti; ed *essa vale per tutti i tipi di avvolgimenti*. Ripeto che, eseguito questo calcolo, non occorre fare alcuna verifica per riconoscere se il numero di fili risultante possa essere contenuto nella periferia dell'indotto, e disposto convenientemente nei denti, o alla superficie del nucleo, se questo è liscio. I fili in numero N, e della sezione prestabilita, trovano necessariamente ed esattamente il loro posto.

Il calcolo della perdita $\gamma_1 + \gamma_2$ si fa direttamente cogli elementi trovati, poichè, se si introduce nella (19) il valore di M che si ricava dalla (21), si ottiene:

$$\gamma_1 + \gamma_2 = \frac{1}{C} \left(\frac{1}{2} + \frac{\alpha D}{l} \right) \qquad (37)$$

che vale per *l'indotto a tamburo*.

E similmente, ponendo nella (20) il valore di M ricavato dalla (22), si ha:

$$\gamma_1 + \gamma_2 = \frac{1}{C} \left\{ 1 + \left(\beta + \frac{\alpha}{m} \right) \frac{D}{l} \right\} \qquad (38)$$

che vale per *l'indotto ad anello*.

È facile anche scindere le due perdite, perchè, come risulta dalla (18) combinata colla (20) o colla (22), si ha:

per *l'indotto a tamburo:*

$$\gamma_2 = \frac{\alpha D}{2 C l} \qquad (39)$$

per *l'indotto ad anello:*

$$\gamma_2 = \left(\beta + \frac{\alpha}{m}\right) \frac{D}{2 C l} \cdot \qquad (40)$$

Si hanno dunque in tutto *cinque* formole, molto semplici, per calcolare direttamente i cinque elementi:

$$l, D, N, \gamma_1 \text{ e } \gamma_2.$$

I dati del problema sono la potenza W e la corrente y. Gli elementi da stabilire sono:

q = densità della corrente;
B = induzione nel nucleo, e per conseguenza B_1 nel ferro, tenendo conto dell'isolante fra le lamine;
v = velocità periferica;
p = numero di coppie di poli;
η = coefficiente d'isteresi;
g = rapporto fra l'ampiezza polare e il semipasso;
H = intensità del campo nell'interferro.

I valori di β e α si deducono necessariamente dai dati precedenti, come risulta da quanto fu detto al § 10. Le norme esposte al § 9 servono a stabilire finalmente il rapporto u, e quindi tutti i particolari dell'avvolgimento.

Chiudo questa parte del lavoro osservando che, prima di giungere al metodo ora esposto, mi ero soffermato a discutere altre soluzioni. Anzitutto quella, citata anche dal Pasqualini, colla quale si cerca di ottenere una sufficiente superficie di raffreddamento; l'altra in cui si stabilisce *a priori* la perdita percentuale nel rame indotto; e infine una terza, nella quale ponevo per condizione di rendere minime le perdite, comprendendovi anche quelle dovute alle correnti parassite.

Se abbandonai quelle soluzioni fu perchè, in seguito alla discussione fattane, mi dovetti persuadere che esse erano difettose, le prime due per indeterminatezza e l'ultima perchè troppo ed inutilmente complicata.

Invece l'ultimo metodo qui esposto, e di cui ebbi occasione di fare molte applicazioni, mi ha sempre condotto a risultati sodisfacenti, sia pei valori che si ritrovano, sia per la speditezza e sicurezza del procedimento di calcolo.

La maggiore semplicità dei procedimenti che si adottano generalmente, i quali consistono nello stabilire parecchi dati *a priori*, per

analogia con tipi esistenti, con regole affatto arbitrarie, per quanto desunte da criteri cosidetti pratici, è una semplicità tutta apparente. Dopo il primo calcolo, che non riesce mai a sodisfare a tutte le relazioni necessarie, per conoscere bene la macchina che si vuol progettare, bisogna fare ad uno ad uno tutti i calcoli che sono contenuti nelle mie formole, rifacendo il cammino a rovescio, e quasi sempre per mettere d'accordo i risultati parziali bisogna ripetere parecchie volte quei calcoli, che basta fare una sola volta col metodo da me suggerito.

III.

Metodo dell'Autore.

Alternatori.

Calcolo delle dimensioni dell'indotto, colla condizione di render minima la somma delle perdite nel rame e nel ferro, e di ottenere una determinata reazione delle controspire.

14. — Con metodo fondato sui medesimi principii, come dissi, trattai già il problema relativo agli alternatori in una Memoria pubblicata negli *Atti della A. E. I.* del 1901.

Rimando il lettore a quello scritto per i particolari, e mi limito qui a riprodurre le formole che riassumono il metodo per rendere più chiara la discussione che ne voglio fare. Nello stesso tempo farò alcune aggiunte e modifiche, per le quali il metodo risulterà insieme più completo e di più facile applicazione.

Fig. 7.

Le notazioni di cui mi servo sono le seguenti:

W = *potenza apparente* dell'alternatore;

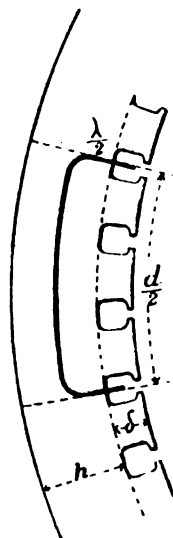
D = diametro *medio* della zona scanalata dell'indotto;

l = lunghezza del nucleo indotto, ossia lunghezza del filo utile;

h = spessore radiale del nucleo indotto, oltre la zona scanalata, come si vede nella fig. 7;

δ = spessore radiale della zona scanalata;

d = passo, distanza fra gli spigoli omologhi di due poli successivi *omonimi;*

a = ampiezza dell'espansione polare;

λ = lunghezza complessiva della parte sporgente di filo dai due lati del nucleo;

B = induzione nell'interferro;

B_1 = induzione massima nel ferro di quella parte del nucleo che ha lo spessore h;

v = velocità periferica, che si ritiene corrispondere alla circonferenza di diametro D, sebbene negli alternatori soliti la parte rotante abbia un diametro esterno un po' minore;

n = frequenza;

k = coefficiente di forma della f. e. m.;

α_1 = rapporto fra la sezione del ferro e la sezione totale del nucleo.

Pongo per brevità:

$$C = \frac{10^8 \rho q}{k B v} \tag{41}$$

$$M = C \left(\lambda + \frac{d}{2} \right) \tag{42}$$

$$P = 10^{-7} \frac{\pi}{2} B a n \eta B_1^{1,6} . \tag{43}$$

Ricordo inoltre che si deve avere la relazione approssimata:

$$2 h B_1 \alpha_1 = B a, \tag{44}$$

che serve a calcolare h.

La formola che ho proposto, nella Memoria citata, per calcolare la lunghezza l, colla condizione di render minima la somma delle perdite nel rame, per effetto Joule, e nel ferro per isteresi, è la (20) di quella Memoria, cioè:

$$l = \sqrt{\frac{M W}{P (D + h)}} . \tag{45}$$

Il calcolo con questa formola richiede di assegnare *a priori* il diametro D.

Quando sia fissato il numero m di giri al secondo, siccome d'altra parte la frequenza è sempre un dato del problema, si dovrà avere $n : m = p$, cioè un numero intero; inoltre

$$D = \frac{v}{\pi m} ,$$

ed evidentemente non vi è altra soluzione più naturale di questa. In una Nota da me pubblicata recentemente nell'*Elettricista* (numero 9 del 1902) ho mostrato l'applicazione di questo metodo al caso di un alternatore dello Stabilimento Ansaldo.

Però qui voglio far riflettere che:

1° Non sempre le condizioni imposte sono tali da limitare necessariamente la libertà di scelta del diametro;

2° Le perdite per isteresi, di cui si tien conto nel metodo indicato, sono quelle che hanno luogo nella parte esterna del nucleo; restano escluse quelle corrispondenti alla zona dentata;

3° Sulla relazione che deve sussistere fra il diametro, la lunghezza e gli altri elementi, deve influire la condizione di mantenere fra determinati limiti la reazione d'indotto, condizione importante e che non va dimenticata.

La prima riflessione ci porta a ricercare se vi è il mezzo di stabilire il diametro seguendo un criterio razionale. Le altre ci inducono a discutere nuovamente il metodo tenendo conto dell'isteresi nella zona dentata e della reazione d'indotto.

15. — *Espressione generale delle perdite.* — La perdita nel rame per effetto Joule si esprime in funzione della sola lunghezza l, cioè indipendentemente dal diametro; essa è, secondo la formola (4) del lavoro citato,

$$\gamma = C + \frac{M}{l}. \qquad (46)$$

La perdita nella porzione esterna del nucleo, di spessore h, è

$$\gamma' = \frac{P}{W}(D + h + \delta)\, l. \qquad (47)$$

Si noti che nel lavoro citato ho adoperato qualche volta la lettera D per indicare il diametro interno dell'indotto, che differisce poco dal diametro medio. Qui conserverò sempre a D il significato di *diametro medio;* perciò si noterà qualche lieve differenza nella scrittura di alcune formole della prima Memoria rispetto a quelle di cui mi servirò in questo lavoro, e precisamente nella formola corrispondente alla (47) vi è 2δ in luogo di δ.

La perdita nella zona dentata non si può esprimere con una formola generale; bisogna supporre un caso determinato, una particolare forma di canali. La supposizione più semplice ed abbastanza generale è quella di canali a sezione rettangolare, come nella fig. 8. Posto il rapporto:

$$\frac{a\,c}{b\,c} = x,$$

il volume della zona dentata, e propriamente del ferro contenuto nella detta zona, è

$$\frac{\pi \delta l \alpha_1 D}{x};$$

l'induzione massima è

$$\frac{B x}{\alpha_1}.$$

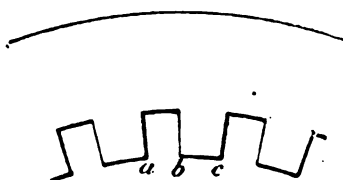



Fig. 8.

La perdita, riferita alla sostanza apparente, risulta:

$$\gamma'' = \frac{10^{-7} \eta n}{W} \frac{\pi \delta l \alpha_1 D}{x} \left(\frac{B x}{\alpha_1}\right)^{1.6}.$$

Se con α si indica il rapporto fra la sezione di un canale e la sezione del rame che vi è contenuto, è facile vedere che la sezione complessiva della zona dentata si può esprimere, per un alternatore trifase, con

$$3 N \sigma \frac{\alpha x}{x-1} = \pi D \delta,$$

dove N è il numero dei fili per una fase; inoltre si ha:

$$i = \sigma q$$

$$E = 10^{-8} k B v l N$$

e quindi

$$W = 3 E i = 3.10^{-8} k B v l N \sigma q.$$

Sostituendo il valore di $N \sigma$, che si ricava da questa, nella precedente, si ottiene:

$$l D \delta = \frac{10^8 \alpha W}{\pi k B v q} \frac{x}{x-1} \tag{48}$$

e quindi l'espressione di γ'' diventa:

$$\gamma'' = 10 \frac{\alpha \eta n}{k v q} \left(\frac{B}{\alpha_1}\right)^{0.6} \frac{x^{1.6}}{x-1}. \tag{49}$$

Per brevità scriverò:

$$10 \frac{\alpha \eta n}{k v q} \left(\frac{B}{\alpha_1} \right)^{0,6} = S .$$

La somma delle perdite (46), (47) e (50) risulta:

$$\gamma + \gamma' + \gamma'' = C + \frac{M}{l} + \frac{P l}{W} (D + h + \delta) + S \frac{x^{1,6}}{x - 1} . \qquad (50)$$

16. — *Reazione d'indotto.* — Vediamo subito quale relazione sussiste fra le dimensioni dell'indotto e la reazione.

Mi limito a considerare quella parte di reazione che si usa valutare per mezzo delle *controspire;* e pongo la condizione che le *controspire-ampère*, che indicherò con X_c, nel caso della loro massima azione, cioè quando la corrente è in quadratura colla f. e. m., non superino una determinata frazione z delle *spire ampère d'eccitazione* X_e corrispondenti all'interferro.

Chiamo t l'interferro; avremo:

$$X_e = 10 \frac{B t}{2 \pi} .$$

Pongo le controspire-ampère sotto la forma:

$$X_c = k_c \, . \, s N_1 i$$

dove s è il numero delle fasi, N_1 il numero di fili per fase e per polo. k_c un coefficiente di forma, che si dedurrà dalla tabella del Kapp, o meglio da quella dell'Arnold.

La condizione che deve essere sodisfatta è

$$k_c s N_1 i = 10 \frac{z B t}{2 \pi} .$$

Osservo che, in generale,

$$p v = \pi D n , \qquad s E i = W \qquad 2 p N_1 = N$$

$$N = \frac{10^8 E}{k B v l} . \qquad (51)$$

Sostituendo questi valori nell'equazione precedente, si trova:

$$D l = \frac{10^7 k_c W}{k n B^2 t z} . \qquad (52)$$

Per brevità potremo scrivere:

$$Q = 10^7 \frac{k_c}{k n B^2 t z} \qquad (53)$$

e quindi

$$D\,l = Q\,W. \tag{54}$$

Abbiamo così una nuova relazione fra D ed l, la quale ci permette una soluzione diretta del problema che ci siamo proposto.

17. – Si noti intanto che, portando nella (48) il valore (52) di $D\,l$, si ottiene:

$$\delta = 10\,\frac{\alpha\,n\,B\,t\,z}{\pi\,v\,q\,k_0}\,\frac{x}{x-1}. \tag{55}$$

Per brevità scriverò:

$$\delta = R\,\frac{x}{x-1},$$

ponendo

$$R = 10\,\frac{\alpha\,n\,B\,t\,z}{\pi\,v\,q\,k_0}.$$

Con questa sostituzione la somma delle perdite (50) diventa:

$$\gamma+\gamma'+\gamma'' = C + \frac{M}{l} + P\,Q + \frac{P\,h}{W}\,l + \frac{P\,R}{W}\,\frac{l\,x}{x-1} + S\,\frac{x^{1,6}}{x-1}. \tag{56}$$

Se ora si ritiene che Q sia una quantità conosciuta, perchè si vuole che z e t abbiano determinati valori, rimangono come variabili l e x e si può cercare di risolvere il problema *colla condizione che sia minima la somma delle perdite*, essendovi, per quanto si è detto, implicita l'altra condizione che *la reazione prodotta dalle controspire sia una determinata frazione della eccitazione a vuoto*. È evidente che il poter sodisfare a tutte queste condizioni deve costituire un buon risultato pratico.

Derivando il secondo membro della (56) rispetto ad l, ed eguagliando la derivata a zero, si ha:

$$l = \sqrt{\frac{M\,W}{P\left(h + \frac{R\,x}{x-1}\right)}}, \tag{57}$$

ed eguagliando a zero la derivata rispetto ad x, si ottiene:

$$\frac{2\,P\,R}{W\,S}\,l = 0{,}6\,x^{1,6} - 1{,}6\,x^{0,6}. \tag{58}$$

Giova avvertire che per scrivere quest'ultima equazione si deve escludere che x possa assumere il valore 1, ciò che è evidentemente conforme alla natura del problema, poichè per $x = 1$ si avrebbe il risultato assurdo di un rapporto infinito fra la perdita e la potenza della macchina.

Queste due equazioni si risolvono facilmente per tentativi; ma se si riflette che, nello stabilire l'equazione fondamentale, si son dovute fare alcune supposizioni, specialmente in riguardo alla forma dei canali, che rappresentano solo per approssimazione le condizioni reali, si comprende che il ricercare, nella esecuzione del calcolo, tutta l'esattezza permessa dalle equazioni trovate, è praticamente superfluo. La precisione che si richiede nella pratica può essere raggiunta anche con un procedimento molto più spedito.

In ogni modo è utile discutere il metodo, per farsi un concetto chiaro di quanto verrò a concludere in seguito.

Comincio dall'osservare che x non può essere minore di $\frac{8}{3}$, perchè tutti i valori di x minori di $\frac{8}{3}$ rendono negativo il secondo membro della (58), ciò che fisicamente darebbe una soluzione assurda. Inoltre x non può diventare molto grande, perchè, quando la larghezza del dente ($b\,c$ nella figura 8) fosse ridotta a molto meno di $\frac{3}{8}$ del tratto ac, il flusso si ripartirebbe in modo ben diverso da quello supposto, e sarebbe poi trascurabile addirittura la perdita nei denti. D'altronde sarebbe questa una forma di costruzione affatto irrazionale. Nel fatto sappiamo che invece si tengono i denti assai più larghi, tanto che a molte forme ora adottate dai costruttori questo discorso che io vado facendo non sarebbe neppure applicabile, perchè appunto la x vi è minore di $\frac{8}{3}$. Ma su ciò ritornerò più sotto.

Considerato adunque che x deve essere un po' maggiore di $\frac{8}{3}$, ma non molto, ne risulta che $\frac{x}{x-1}$ sarà sempre un po' minore di 1,6, ma non potrà variare molto al disotto di questo limite.

La seguente tabella ci dà i valori delle quantità in parola, che conviene tener presenti:

x	$0{,}6\,x^{1{,}6} - 1{,}6\,x^{0{,}6}$	$\frac{x}{x-1}$
2,70	0,0364	1,588
2,75	0,0918	1,571
2,80	0,1484	1,556
2,85	0,2061	1,541
2,90	0,2652	1,526
2,95	0,3253	1,513
3,00	0,3866	1,500

Un buon valore medio di $\frac{x}{x-1}$ è 1,54, e ponendo questo nella (57) si ha una formola, che chiamerò *formola ridotta*, per mezzo della quale si calcola direttamente la lunghezza l, cioè:

$$l = \sqrt{\frac{\mathrm{M\,W}}{\mathrm{P}\,(h + 1{,}54\,\mathrm{R})}}. \tag{59}$$

Volendo ora procedere alla soluzione esatta del sistema (57) (58), si introduce questo valore di l nella (58) e per mezzo della tabella precedente si riscontra se il secondo membro della (58) è uguale a 0,206, che corrisponde al valore 1,54 dell'ultima colonna. Se è diverso, si prenderà nell'ultima colonna il valore corrispondente e lo si porrà nella (59) in luogo di 1,54. Si calcolerà così di nuovo la lunghezza l, ciò che darà sempre un risultato così poco diverso dal primo, *da doversi ritenere affatto inutile questo calcolo di seconda approssimazione.*

Dunque, volendo attenersi al metodo di rendere minima la somma delle perdite, comprendendovi quella nei denti, e tenendo conto della condizione relativa alla reazione d'indotto, si può calcolare direttamente la lunghezza l colla formola (59). Trovato l, si ha il diametro dalla formola (54), cioè:

$$\mathrm{D} = \frac{\mathrm{Q}}{l}\,\mathrm{W}. \tag{60}$$

È da notarsi che la (59) ha una forma molto simile alla (45), che corrisponde al caso in cui si suppone fissato il diametro; la sola differenza consiste nella sostituzione di 1,54 R a D. Siccome 1,54 R sarà sempre una quantità piccola rispetto al diametro, la soluzione (59) fornisce una lunghezza l notevolmente maggiore della (45). Il diametro risulta poi molto minore; la macchina è di tipo molto allungato, contrariamente a quanto si tende a fare da molti costruttori. Il lettore ricorderà che, all'ultima Esposizione Universale di Parigi del 1900, la maggior parte degli alternatori di grande potenza, esposti dalle primarie Case, erano del tipo a grande diametro e piccola lunghezza.

La profondità δ dei canali si calcola colla (55).

18. — Tratteniamoci ancora un momento a discutere queste formole per vedere meglio da quali elementi dipendono, secondo questa soluzione, le dimensioni dell'indotto. Perciò poniamo nella (59) e poi nella (60) i valori di M, P, R. Fatte le dovute riduzioni si ottiene:

$$l^2 = \frac{10^{15}\,\rho\,q\,(2\lambda + d)\,\mathrm{W}}{k\,a\,n\,\eta\,\mathrm{B}^2\,\mathrm{B}_1^{0,6}\left(\pi\,v\,h + 1{,}54\,\frac{10\,\alpha\,n\,\mathrm{B}\,l\,z}{k_0\,q}\right)}, \tag{61}$$

$$D^2 = \frac{k_0 \, a \, \eta \, B_1^{0.6} \, W}{10 \, \rho \, q \, (2\lambda + d) \, k \, B \, l \, z} \left(\frac{\pi \, k_0 \, r \, h}{n \, B \, l \, z} + 1,54 \, \frac{10 \, \alpha}{q} \right). \qquad (62)$$

Si vede che quando si voglia ridurre piccola la reazione delle contrWorld spire, cioè piccolo z, tanto la lunghezza quanto il diametro risultano maggiori, ma il maggiore aumento lo subisce il diametro; la lunghezza varia poco. La stessa influenza esercita lo spessore dell'interferro l; se lo si vuole diminuire, bisogna accrescere molto il diametro e poco la lunghezza.

Anche qui, come nelle dinamo a corrente continua, troviamo l e D *proporzionali alla radice quadrata della potenza.*

La velocità v *ha un effetto contrario sulle due dimensioni; per velocità maggiori bisogna accrescere il diametro e ridurre la lunghezza.* Si noti che, col variare della velocità, variano proporzionalmente anche il passo d e l'ampiezza polare a.

Anche la densità di corrente influisce in senso contrario; *col crescere della densità il diametro diminuisce e la lunghezza cresce.*

Ora però dobbiamo chiederci se questa soluzione corrisponde veramente alle esigenze pratiche, costruttive.

Quanto al procedimento di calcolo io credo che una delle formole (61) o (62) sarebbe perfettamente adattata all'uso comune. Dico *una*, perchè, fatto per es. il calcolo di l, per aver D conviene ricorrere alla (60) e non alla (62). I numerosi elementi che entrano nella (61) non devono far credere che il calcolo sia più complesso di quello che si fa d'ordinario, procedendo per tentativi e fissando ad arbitrio qualche dimensione. Gli elementi della (61) si devono conoscere tutti necessariamente, qualunque sia il metodo seguito; e, una volta che si conoscono, mi pare che la cosa più semplice sia di approfittarne per calcolare il valore di l colla (61), poichè dopo ciò non occorre fare più alcun tentativo.

Però i risultati che si ottengono con questo metodo probabilmente non sembreranno a tutti ammissibili, perchè, come dissi, dànno luogo a un tipo di alternatore molto allungato e di piccolo diametro, che differisce notevolmente dai tipi generalmente adottati.

A ciò si aggiunga che la condizione $x > \frac{8}{3}$ non corrisponde neppure alla disposizione più comune. La soluzione, di cui discorriamo, ammette precisamente che debba essere $x = 2,85$, ossia che *dello spazio riservato a un dente e un canale, il dente debba occupare poco più di un terzo,* come nella fig. 9, propriamente 0,35; mentre d'ordinario i denti sono assai più larghi.

Io non avrei alcuna difficoltà di accettare il risultato del calcolo, se non fosse che col rapporto $x = 2,85$, gli intervalli essendo molto

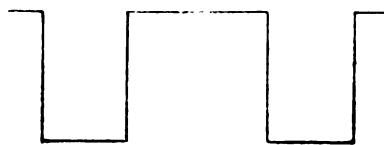



Fig. 9.

larghi fra un dente e l'altro, il flusso deve traversare in parte non trascurabile i canali. Volendo tener conto di questa particolarità bisognerebbe modificare addirittura l'espressione di γ'', cioè la (49).

È vero che i canali non si faranno aperti, o per lo meno saranno in parte chiusi, come per es. nella fig. 10, ma sempre la perdita γ''

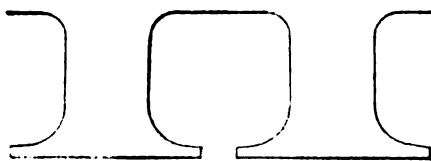



Fig. 10.

sarà minore di quella supposta, perchè l'induzione nel ferro tra due canali sarà sempre minore di ciò che sarebbe se i denti fossero dritti, a sezione costante, come nella figura 9, e tutto il flusso passasse soltanto nel ferro.

Ma poi non si saprebbe come modificare l'espressione di γ'', essendo impossibile scrivere una formola che tenga conto della ripartizione del flusso fra i denti e i canali, al variare delle loro dimensioni relative.

D'altra parte si presenta naturale una modificazione del metodo, basata sulle seguenti semplificazioni:

1) supporre x conosciuto;

2) trascurare la perdita γ'', che è sempre molto minore delle altre, e risolvere il problema colla condizione di rendere minima la somma $\gamma + \gamma'$; sempre tenendo presente l'altra condizione relativa alla reazione delle controspire.

19. — *Soluzione quando sia dato il rapporto* x. — In questo caso l'ultimo termine della (56) diventa costante, e non resta altra variabile che la *l*. Si ritorna dunque all'equazione (57), che rimane *sola* e con-

tiene la quantità x, alla quale si può dare quel valore che si crede. Siccome anche con questa libertà di scelta non si darà mai ad x un valore molto diverso da 2,85, questa soluzione viene a corrispondere quasi alla precedente; la l risulterà un po' più piccola se si farà x minore di 2,85; poichè allora $\frac{x}{x-1}$ aumenta, come si vede dalla tabella seguente:

$x = 1{,}50$	$\frac{x}{x-1} = 3{,}00$
1,75	2,33
2,00	2,00
2,25	1,80
2,50	1,67
2,75	1,57
3,00	1,50

Il tipo della macchina non è mutato; rimane sempre il tipo allungato. Soltanto si è liberi di dare ai canali quella proporzione che si crede; ma ciò soltanto per quanto riguarda la larghezza. La profondità, nel senso radiale, quella che abbiamo indicato con δ, dovrà sodisfare sempre alla (55).

20. — *Soluzione nella quale si trascura la perdita* γ''. — Se nella (56) si trascura l'ultimo termine, ma d'altra parte si vuol considerare ancora come variabile x, è evidente che rispetto ad x non vi è minimo, che corrisponda ad una soluzione pratica; perchè x, sempre positivo, non può essere minore di 1, e mentre x cresce da 1 all'infinito, $\frac{x}{x-1}$ diminuisce dall'infinito fino ad 1.

Dunque questa soluzione non è possibile, o si riduce alla precedente, se si osserva che, assegnando ad x un valore non molto grande, il rapporto $\frac{x}{x-1}$ si approssima subito al suo minimo.

Notiamo che, in generale, attribuire ad x un valore più o meno grande significa far variare in senso inverso la profondità dei canali, la quale evidentemente, a pari condizioni nel resto, deve variare in ragione inversa della larghezza.

Data la relazione (55), è chiaro che fissare x significa fissare δ; e la formola (59) si può scrivere anche:

$$l = \sqrt{\frac{\mathrm{M\,W}}{\mathrm{P}\,(h+\delta)}}. \qquad (63)$$

È questa una soluzione affatto simile a quella già da me indicata nella precedente Memoria (*); ed allora io avevo ritenuto di scartare questa soluzione di fronte all'altra in cui si stabiliva la grandezza del diametro, invece delle dimensioni delle scanalature.

Qui però la cosa si presenta sotto un aspetto diverso, perchè nella formola (63) il δ non è una quantità arbitraria, ma vi appare come l'espressione di un complesso di elementi essenziali, e in particolare come dipendente dalle dimensioni dell'interferro e dal coefficiente di reazione delle controspire, come appare dalla (55). Perciò questa soluzione mi pare degna di considerazione.

21. — Ma abbiamo anche altre soluzioni.

Soluzione nella quale si suppone dato il diametro e il coefficiente di reazione delle controspire. — In questo caso non resta che calcolare la lunghezza l per mezzo della (52), cioè:

$$l = 10^7 \frac{k_o \, W}{k \, n \, B^2 \, t \, z \, D} . \tag{64}$$

È questa la soluzione più semplice di tutte; ma le perdite e il volume non vengono assoggettati ad alcuna condizione.

Però la (64) ci dice che, con un dato diametro, la lunghezza deve essere tanto maggiore (a pari induzione) quanto minore è l'interferro. Per alleggerire l'indotto conviene adunque tener grande l'interferro. Ma un interferro grande richiede maggiore eccitazione e quindi se, da un lato, diminuisce il peso dell'indotto e anche quello dei nuclei induttori, dall'altro lato aumenta la quantità di rame per l'eccitazione. Vi sarà dunque un limite, oltre il quale non converrà spingersi, e questa considerazione potrà in ogni modo servire di norma per scegliere la grandezza più conveniente dell'interferro.

22. — *Soluzione nella quale si suppone dato soltanto il diametro.* — Si ritiene conosciuto il rapporto x e quindi nella espressione (50) delle perdite la parte variabile si riduce al 2° e 3° termine. Siccome D si suppone noto, ma non si stabilisce alcun legame del diametro colla lunghezza, la condizione del minimo ci dà:

$$l^2 = \frac{M \, W}{P \, (D + h + \delta)} . \tag{65}$$

Evidentemente si ritorna alla soluzione già da me indicata colla for-

(*) Vedi la formola (17) della Memoria citata, *Atti dell'A. E. I.*, 1901.

mola (45), colla sola differenza che in essa si trascurava il termine δ, che veramente sarà sempre piccolissimo.

Ma una volta trovato l colla (65), bisognerà verificare se il coefficiente di reazione z non sia eccessivo. Questa verifica si fa colla formola (52), perchè si suppone di conoscere l e D. Ma si può anche vedere direttamente a qual valore di z conduce il diametro stabilito. Infatti, trascurando per questo calcolo $h + \delta$ in confronto di D, la (65) si può scrivere:

$$l^2 = \frac{\mathrm{M\,W}}{\mathrm{P\,D}}, \tag{66}$$

e siccome $l\,\mathrm{D} = \mathrm{Q\,W}$, eliminando l e sostituendo poi a M, P, Q i loro valori dati dalle (42), (43) e (53), si ottiene:

$$z^2 = \frac{\pi\, k_0\, a\, \eta\, v\, \mathrm{B_1}^{0,6}\, \mathrm{W}}{10\, \rho\, q\, (2\,\lambda + d)\, k\, n\, \mathrm{B}^2\, t^2\, \mathrm{D}}. \tag{67}$$

Questa relazione serve di guida per scegliere opportunamente i valori dei diversi elementi, affichè z non superi un determinato limite.

Per rendere piccolo z bisogna aumentare q, B e t, e ridurre la velocità v.

Affinchè il volume riesca piccolo, essendo il diametro stabilito, bisogna poi fare in modo che l riesca piccola.

Ora, se nella (65) si sostituiscono i valori di M e P, si ottiene:

$$l = \frac{10^7}{\mathrm{B\,B_1}^{0,3}} \sqrt{\frac{10\, \rho\, q\, (2\,\lambda + d)\, \mathrm{W}}{\pi\, k\, n\, a\, \eta\, v\, (\mathrm{D} + h + \delta)}}. \tag{68}$$

Di qui si vede che, per ottenere nello stesso tempo l piccola e z piccola, bisogna procurare di abbassare il valore di z accrescendo di preferenza l'induzione B, poichè in tal caso anche l diminuisce. Invece se si accresce q o si riduce la v, la z decresce, ma la l aumenta.

In conclusione, *quando sia fissato* D, il calcolo di l si fa colla (68), ma bisogna tener presente la (67) per riscontrare il coefficiente di reazione.

23. — *Volume dell'indotto.* — Un elemento utile a conoscersi è il volume dell'indotto; ma specialmente giova esaminare come varia al variare delle dimensioni principali, e perciò basta calcolare una quantità proporzionale al volume.

Il volume di tutto l'anello, compresi i fori, è

$$\mathrm{V} = \pi\, l\, (h + \delta)\, (\mathrm{D} + h).$$

Siccome $(h + \delta)$ si può ritenere una quantità costante, il prodotto

$$l (D + h)$$

è una quantità proporzionale al volume.

Nel caso che sia fissato

$$l D = Q W,$$

si ha

$$V = \pi (h + \delta) (Q W + l h).$$

Il termine variabile $l h$ essendo sempre piccolo rispetto al termine costante Q W, si vede che il volume in questo caso varierà di poco anche attribuendo a D e l valori diversi.

Però le perdite variano, ed abbiamo veduto che, fissato Q, si può calcolare una coppia di valori l e D che rende minima la somma delle perdite. Il volume che vi corrisponde non sarà minimo, ma colla formola precedente si riconosce subito di quanto lo si potrebbe ridurre scegliendo altre coppie di valori, con diametro maggiore.

Posto $= D_0$ il diametro che corrisponde alle minime perdite, D un altro diametro più grande, è facile vedere che la riduzione di volume è data dalla frazione:

$$\frac{h}{D_0 + h} \left(1 - \frac{D_0}{D}\right). \tag{69}$$

Siccome h è sempre una piccola frazione di D_0, la riduzione che si ottiene è piccola.

24. — *Perdite nell'indotto.* — Quando si siano determinati l e D in modo da rendere minime le perdite, è utile conoscere la grandezza di queste perdite, e nello stesso tempo riconoscere come variano quando si voglia scegliere un'altra coppia di valori l D, tale da far diminuire il volume. Si avrà così un criterio per adottare le dimensioni più convenienti, secondo che si preferisce attenersi alla condizione della minima perdita o a quella di un minor volume.

A questo scopo sarà sufficiente calcolare la somma $\gamma + \gamma'$, quale risulta dalla formola (50), trascurando l'ultimo termine che rappresenta γ''; si avrà cioè:

$$\gamma + \gamma' = C + \frac{M}{l} + \frac{P\,l}{W} (D + h + \delta). \tag{70}$$

La condizione di minima perdita è data dalla (63), che si può scrivere, indicando con l_0 la lunghezza corrispondente alla minima perdita,

$$\frac{M}{l_0} = \frac{P\,l_0}{W} (h + \delta).$$

Con questa sostituzione si ottiene la minima perdita:

$$(\gamma + \gamma')_{min} = C + \frac{2\,M}{l_o} + P\,Q, \tag{71}$$

od anche, in funzione del diametro,

$$(\gamma + \gamma')_{min.} = C + \frac{2\,M\,D_o}{Q\,W} + P\,Q. \tag{72}$$

Invece quando si risolve il problema colla formola (66), perchè si suppone D conosciuto, si ha dalla stessa (66):

$$\frac{M}{l} = \frac{P\,l}{W}\,(D + h + \delta),$$

e quindi, sostituendo nella (70),

$$\gamma + \gamma' = C + \frac{2\,M}{l}, \tag{73}$$

ovvero, in funzione del diametro,

$$\gamma + \gamma' = C + \frac{2\,M\,D}{Q\,W}. \tag{74}$$

25. — *Scelta del metodo.* — Fra i vari metodi discussi fin qui, quello da preferirsi mi sembra il metodo, che è nello stesso tempo il più semplice e il più razionale, fondato sulla condizione di ottenere un determinato coefficiente di reazione, un volume abbastanza piccolo e una perdita prossima, per quanto è possibile, alla minima.

Il procedimento si riassume nel modo seguente.

I. — Anzitutto si calcola la quantità Q colla formola:

$$Q = 10^7\,\frac{k_o}{k\,n\,B^2\,t\,z}.$$

La lunghezza corrispondente alle perdite minime è

$$l_o = \sqrt{\frac{M\,W}{P\,(h + \delta)}}. \tag{75}$$

Conviene calcolare a parte le quantità M e P, perchè queste servono per trovare il valore delle perdite; ma se si vuole direttamente la l_o in funzione degli elementi della macchina, si può scrivere:

$$l_o = \frac{10^7}{B\,B_1^{0,3}}\sqrt{\frac{10\,\rho\,q\,(2\,\lambda + d)\,W}{\pi\,k\,a\,\eta\,v\,(h + \delta)}}. \tag{76}$$

Si ha inoltre dalla (44):

$$h = \frac{B\,a}{2\,B_1\,\alpha_1}, \tag{77}$$

e δ si deduce dalla (55).

Trovato l_o si ha immediatamente

$$D_o = \frac{Q\,W}{l_o}\,. \tag{78}$$

II. — Se invece si preferisce trovare prima il diametro D_o, si adopreranno le formole seguenti, che derivano dalle precedenti:

$$D_o = \sqrt{\frac{P\,(h + \delta)\,W}{M}}\,, \tag{79}$$

ovvero:

$$D_o = Q\,\frac{k_o\,B_1^{0,3}}{B\,t\,z}\sqrt{\frac{\pi\,a\,\eta\,v\,(h + \delta)\,W}{10\,\rho\,q\,(2\,\lambda + d)\,k\,n}}\,. \tag{80}$$

e quindi

$$l_o = \frac{Q\,W}{D_o}\,. \tag{81}$$

Il diametro, che risulta da queste formole, si dovrà poi aumentare, se si crede opportuno di alleggerire un po' la macchina, ovvero se il diametro stesso si stima troppo piccolo per ragioni costruttive. S'intende che in ogni caso bisognerà modificarlo in modo che π D sia un multiplo esatto del passo d.

26. — *Variazione delle perdite col variare del diametro.* — Al § 23 abbiamo veduto come diminuisce il volume col crescere del diametro. È utile riconoscere ora come aumentano le perdite se, tenendo fissa la quantità Q, e quindi il prodotto D l, si accresce il diametro oltre il valore D_0 corrispondente alla minima perdita.

Perciò si faccia la differenza fra le perdite $\gamma + \gamma'$ espresse dalla formola (70) nel caso più generale, e le perdite minime espresse colla (72), dopo aver sostituito nella (70) in luogo di l il suo valore:

$$l = \frac{Q\,W}{D}\,.$$

Si ottiene:

$$\gamma + \gamma' - (\gamma + \gamma')_{min.} = \frac{M\,D_0}{Q\,W}\left(\frac{D}{D_0} + \frac{D_0}{D} - 2\right)$$

e quindi la perdita effettiva in watt risulta:

$$(\gamma + \gamma')_{min.}\,W + \frac{M\,D_0}{Q}\left(\frac{D}{D_0} + \frac{D_o}{D} - 2\right). \tag{82}$$

In circostanze ordinarie con questa formola si riconosce che anche accrescendo notevolmente il diametro oltre il valore corrispondente alle minime perdite, cioè facendo, per esempio, D eguale a 2 e anche 3 volte D_0, le perdite aumentano di poco (Vedasi l'esempio al § 28).

27. — *Esempio d'applicazione delle formole.* — Aggiungo alcune applicazioni numeriche allo scopo di rendere più chiaro l'uso delle formole e discuterne i risultati.

Suppongo che sia da calcolare un alternatore trifase da 500 chilovoltampère, con frequenza 50, e per tensione non molto elevata (per esempio da 3000 a 4000 volt), cosicchè non sia necessario un grandissimo isolamento. Avremo:

$$W = 500000 \qquad n = 50.$$

Porremo:

$$\begin{array}{ll} B = 7000 & \sigma = 0,2 \\ B_1 = 6500 & l = 0,8 \\ v = 3000 & \lambda = 20 \\ q = 200 & \alpha = 4 \\ \rho = 2 \,.\, 10^{-6} & \alpha_1 = 0,9 \\ \eta = 0,002 & x = 1,8 \\ k = 0,75 & k_o = 0,77. \end{array}$$

Risulta $d = \frac{v}{n} = 60.$

L'ampiezza polare a si faccia $\frac{1}{3}$ del passo, cioè:

$$a = 20$$

si avrà:

$$h = \frac{7000 \,.\, 20}{2 \,.\, 6500 \,.\, 0,9} = 12$$

$$\frac{x}{x - 1} = 2,25.$$

Con questi valori troviamo:

$$C = \frac{10^8 \,.\, 2 \,.\, 10^{-6} \,.\, 200}{0,75 \,.\, 7000 \,.\, 3000} = 0,00254$$

$$M = 0,00254 \,.\, 50 = 0,127$$

$$P = 10^{-7} \,.\, \pi\, 0,9 \,.\, 12 \,.\, 50 \,.\, 0,002 \,.\, 6500^{1,6} = 0,428$$

$$\delta = \frac{10 \,.\, 4 \,.\, 50 \,.\, 7000 \,.\, 0,8 \,.\, 0,2 \,.\, 2,25}{\pi\, 3000 \,.\, 200 \,.\, 0,77} = 3,5.$$

Possiamo ora procedere con diversi metodi.

Soluzione I. — Colla formola (75) troviamo la lunghezza corrispondente alla minima perdita:

$$l_o = \sqrt{\frac{0,127 \,.\, 500000}{0,428\,(12 + 3,5)}} = 97,8.$$

Poi si calcola Q, cioè:

$$Q = \frac{10^7 \cdot 0{,}77}{0{,}75 \cdot 50 \cdot 7000^2 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}2} = 0{,}02619$$

e quindi, colla (78),

$$D_0 = \frac{0{,}02619}{97{,}8} \, 500000 = 133{,}8.$$

Per fare che la periferia sia un multiplo esatto del passo, bisognerà modificare un po' il valore trovato; per esempio ridurre il diametro a 133,4, e per conseguenza aumentare l_0 fino a 98,2. Ma questa correzione, quando sia così piccola, si può tralasciare.

Le perdite minime si hanno dalla formola (71), cioè:

$$\gamma + \gamma' = 0{,}00254 + 2 \frac{0{,}127}{97{,}8} + 0{,}428 \cdot 0{,}02619 = 0{,}01635,$$

ossia

$$0{,}01635 \cdot 500000 = 8175 \text{ watt}.$$

Il volume è

$$V = \pi (h + \delta) \, l \, (D + h) = 694{,}3 \text{ dm}^3.$$

Soluzione II. — Seguiamo ora l'altro procedimento, in cui si stabilisce il diametro, e supponiamo che si voglia fare un diametro molto grande, prossimo a 5 m., affinchè l'alternatore serva da volano. Porremo

$$D = 497,$$

perchè così la periferia è un multiplo esatto del passo. La formola (65) ci dà

$$l = 17{,}0.$$

Per vedere qual'è il coefficiente di reazione ε in questo caso, basta osservare che secondo la equazione (52) ε varia in ragione inversa del prodotto $l \, D$.

Colla soluzione I avevamo

$$l_0 \, D_0 = 13095 \qquad \varepsilon = 0{,}2.$$

Colla II abbiamo

$$l \, D = 497 \cdot 17 = 8449$$

e quindi

$$\varepsilon = 0{,}2 \, \frac{13095}{8449} = 0{,}31.$$

Le perdite risultano dalla (73):

$$\gamma + \gamma' = 0{,}00254 + \frac{2 \cdot 0{,}127}{17} = 0{,}01748$$

pari a 8740 watt.

Il volume è

$$V = 421,4 \text{ dm}^3.$$

Dunque la soluzione II *ci dà una macchina molto più leggera*, ma *con reazione delle controspire molto più forte*. Le perdite sono un po' maggiori, ma la differenza è trascurabile.

Il difetto di una eccessiva reazione è tale, che questa soluzione non sarebbe accettabile.

Soluzione III. — Abbiamo mostrato al § 22 che conviene in generale, per far diminuire z, accrescere B e t, piuttosto che modificare q e v. Nel caso presente l'induzione ha già un valore elevato, ma possiamo portarla a 7500; e poi aumenteremo l'interferro a $t = 1,2$.

La formola (67) ci dice che z varia in ragione inversa di B t; dunque diventerà, coi nuovi dati,

$$z = 0,31 \cdot \frac{7000}{7500} \cdot \frac{0,8}{1,2} = 0,193.$$

Avremo poi

$$C = 0,00254 \, \frac{7000}{7500} = 0,00237$$

$$M = 0,1186$$

$$P = 0,428 \cdot \frac{7500}{7000} = 0,459$$

$$\delta = 5,4 \qquad\qquad h = 13.$$

Risulta

$$l = 15,8.$$

Le perdite sono

$$0,00237 + \frac{2 \,.\, 0,1186}{15,8} = 0,001738$$

pari a 8690 watt, e il volume

$$V = 466,8 \text{ dm}^3.$$

Ora però essendo cambiati B e t, bisogna rifare il calcolo anche coll'altro metodo.

Soluzione IV. — La formola (75) ci dà:

$$l_0 = \sqrt{\frac{0,1186 \,.\, 500000}{0,459\,(13 + 5,4)}} = 83,8\,;$$

poi si ha:

$$Q = \frac{10^7 \,.\, 0,77}{0,75 \,.\, 50 \,.\, 7500^2 \,.\, 1,2 \,.\, 0,193} = 0,01576$$

$$D_0 = \frac{0,01576}{83,8} \, 500000 = 94,0.$$

Le perdite sono

$$0{,}00237 + \frac{2 \,.\, 01186}{83{,}8} + 0{,}459 \,.\, 0{,}01576 = 0{,}01243,$$

pari a 6215 watt.

Il volume è

$$V = 513{,}4 \text{ dm}^3.$$

Questa soluzione IV ci fornisce una macchina un poco più pesante della precedente, ma in compenso con perdita sensibilmente minore. Si noti poi che quando il diametro è molto grande, come nel caso della soluzione III, per assicurare la solidità e stabilità della costruzione bisogna sempre aggiungere rinforzi che ne accrescono il peso.

28. — Ma conviene esaminare più particolarmente come variano le perdite e il volume, quando, mantenendo costante il prodotto $D\,l$, si fa aumentare il diametro. Nella seguente tabella si trova il risultato del calcolo pei due casi corrispondenti alle soluzioni I e IV, nei quali il prodotto $D\,l$ è eguale rispettivamente a 13095 e 7880. I diametri sono scelti in modo che la periferia sia un multiplo del passo, cioè di 60. La perdita è calcolata colla formola (82), e la variazione di volume colla (69).

$2p$	πD	D	$D\,l = 13095$			$D\,l = 7880$		
			l	Perdita	Variazione del volume	l	Perdita	Variazione del volume
8	240	76,4	—	—	—	103,1	6245	—
10	300	95,5	—	—	—	82,5	6215	0,—
12	360	114,6	114,3	8191	—	68,8	6243	0,022
14	420	133,4	98,2	8175	0,—	59,1	6303	0,036
18	540	172	76,1	8216	0,018	45,8	6481	0,055
22	660	210	62,4	8309	0,030	37,5	6698	0,067
30	900	286,5	45,7	8570	0,044	27,5	7189	0,082
40	1200	382	34,3	8957	0,054	20,6	7850	0,092
50	1500	477,3	27,4	9375	0,059	16,5	8532	0,098
60	1800	573	22,8	9809	0,063	13,8	9230	0,102

Da questa tabella appare evidente che le perdite si mantengono assai prossime al valore minimo, anche se si accresce notevolmente il diametro; mentre invece il volume diminuisce subito sensibilmente. Si può dunque alleggerire la macchina senza abbassarne il rendimento in modo apprezzabile.

Così, ad esempio, riferendosi al caso in cui $D\,l = 7880$, il diametro da scegliere per avere la minima perdita sarebbe 95,5. Aumentandolo

fino a 210, la perdita cresce appena da 6215 a 6698 watt, con una differenza di 483 watt, che è appena 1 millesimo della potenza dell'alternatore; invece il volume diminuisce già del 67 per mille. Continuando ad accrescere il diametro si guadagna poco in volume, ed aumentano invece le perdite rapidamente.

In conclusione tutto si riduce alla regola seguente: — *Calcolare il diametro* D_0 *e la lunghezza* l_0 *corrispondente alla minima perdita, colle formole* (79) *e* (81); *e poi, qualora la macchina risulti di forma troppo allungata, adottare un diametro maggiore, ma non più del doppio, mantenendo costante il prodotto del diametro per la lunghezza.*

Determinata per tal modo la lunghezza l, si ha dalla (51) il numero dei conduttori; ed anche qui ripeto quanto dissi a proposito della dinamo, che non occorre fare alcuna verifica. I risultati devono essere tali, di necessità, che tutte le dimensioni si corrispondano esattamente.

N. 47.

SULL'INTERPRETAZIONE E SULL'APPLICAZIONE DELL'ART. 7 DELLA LEGGE 11 LUGLIO 1889 (TASSA FABBRICATI) AGLI IMPIANTI IDRO-ELETTRICI ALLE DINAMO ED AI MOTORI ELETTRICI

RELAZIONE

dell'Ing. CARLO ESTERLE

fatta all'Assemblea Generale di Torino

nella Seduta del 31 ottobre 1902.

Signori,

È da poco tempo che nel nostro paese si è iniziata e si va gradualmente sviluppando l'industria delle centrali idro-elettriche con distribuzione a distanza della energia elettrica, dando così luogo a fondate speranze di notevoli vantaggi per l'economia nazionale, la quale potrà sottrarsi col tempo ed in certa misura all'importazione del combustibile estero, promovendo importanti innovazioni nei trasporti ferroviari, utilizzando ingenti forze naturali prima d'ora inoperose.

Era quindi da attendersi che, esagerando iperbolicamente il successo di tali industrie, con nuove onerose disposizioni relative alle concessioni delle acque pubbliche e con nuovissimi criteri fiscali, si cercasse fino dal principio di intisichire la nuova creatura che prometteva di crescere di una vita prospera e forse anche rigogliosa.

Da una parte l'inasprimento dei canoni, e i molti ostacoli e le molte diffidenze che intralciano l'ottenimento delle concessioni: dall'altra, eccessive asprezze fiscali.

Non vi è nulla, o signori, che paia più inverosimile del vero: ed infatti, se si pensa che mentre presso i Corpi legislativi, in seno al Potere esecutivo, presso le Camere di Commercio e le Associazioni industriali, si dibatte, con tanto interesse, la questione della durata

delle concessioni e della misura dei canoni per derivazioni d'acqua, e si lotta vivamente perchè essi dalle tre lire attuali non sieno, quasi per carità di patria, portati oltre le lire sei per cavallo, nessuno oserà credere che il fisco possa giungere quietamente a colpire la stessa acqua con una tassazione, a titolo di imposta sui fabbricati, attribuendo al cavallo nominale un reddito dieci e più volte maggiore del canone ora in vigore.

Eppure questa, che pare follia, è una triste realtà, e produce tanto stupore ed insieme tanta sfiducia da richiamare alla mente il famoso motto latino: « *sunt lacrimae rerum* ».

Ma non basta: le dolenti note sono appena al loro principio: altri elementi della nostra industria si vorrebbero tassare, e cioè le dinamo che ci dànno la corrente elettrica e quelle (che si chiamano motori elettrici) che la trasformano per ridare energia meccanica e, a quanto si dice, financo i trasformatori. Il ciclo, o meglio la catena, diventano in tal guisa perfettamente chiusi: la forza idraulica è colpita una prima volta dal canone di concessione: la stessa forza sarebbe nuovamente tassata per effetto dell'imposta sui fabbricati, dalla quale verrebbero anche gravati i generatori e le dinamo accoppiate a questi generatori e poi ancora i trasformatori e finalmente i motori elettrici presso gli utenti! Sarebbe ragionevole il supporre che, dopo queste stazioni dolorose della *via crucis* fiscale, il reddito industriale di un impianto del quale ogni singola parte, nessuna esclusa, è colpita dalla imposta sui fabbricati, non venisse ulteriormente gravato dalla tassa di ricchezza mobile, come appunto accade pei redditi dei fabbricati; ma il fisco, nella sua ingenuità, non rileva la strana confusione ed applica serenamente le due tasse allo stesso oggetto. Tutto ciò è incredibile, ma vero!

Una agitazione dunque è indispensabile per porre un freno a questo stato di cose che stronca ogni iniziativa, che soffoca ogni sviluppo di ricchezza, che toglie ogni speranza di un migliore avvenire economico. E si è alla nostra Associazione, che non solo nelle questioni di indole scientifica, ma più volte anche in quelle di carattere economico attinenti alla elettricità, ha utilmente fatta sentire la sua voce autorevole, che noi ci rivolgiamo e ne chiediamo fiduciosamente il valido appoggio.

E tanto più in quanto che, per la tassazione delle dinamo, occorre sopratutto affermare la loro essenza tecnica e darne una precisa definizione, onde impedire una buona volta che nelle sfere degli agenti fiscali, e peggio ancora in quelle giudiziarie, talora anche per opera di periti, assurgano ad assiomi i più grossolani errori scientifici.

Dispone la legge che nell'accertamento del reddito degli opifici debbono considerarsi come parti integranti dei medesimi i generatori della forza motrice, i meccanismi ed apparecchi che servono a trasmettere la forza motrice stessa, quando sieno connessi od incorporati col fabbricato; non sono da considerarsi come tali le trasmissioni e le macchine lavoratrici.

Nella applicazione di queste disposizioni al caso delle centrali elettriche, sono insorte, ed insorgono continuamente, gravissime divergenze e la ragione ne è evidentissima, quando si rifletta che nessuno di coloro che ebbero a proporre e a votare la legge, rivolse il proprio pensiero al caso *nuovo* delle future installazioni elettriche.

Ne consegue che in realtà la legge, come è scritta, non contemplava, nè lo poteva, gli attuali nostri impianti e che, in mancanza d'altro, e senza aver quindi, nè in diritto nè in fatto, un qualsiasi criterio direttivo, si tenti di adattarla ora al caso nostro, non solo non preveduto, ma che presenta caratteri affatto singolari, neppure assimilabili agli altri opifici, dei quali soltanto ebbe irrefutabilmente ad occuparsi il legislatore. Ma poichè sarebbe vano il dibattito su tale pregiudiziale, che parve tuttavia opportuno di accennare, perchè con essa si spiegano le molte difficoltà che si incontrano, dobbiamo per necessità di cose restare nei termini di fatto e riferirsi alla legge attualmente vigente.

Si domanda quindi:

1) Sono le dinamo e i motori elettrici delle macchine generatrici di forza o semplicemente delle macchine trasformatrici e quindi lavoratrici?

2) È o non è sempre ed unicamente la forza motrice generata dalla turbina o dalla macchina a vapore o da altri motori quella che si trasforma mediante le macchine dinamo elettriche in energia elettrica?

3) Non è questa elettricità il vero e proprio prodotto industriale delle nostre centrali?

4) E se è escluso, come non vi ha dubbio, che le macchine suddette siano *generatori di forza*, possono esse considerarsi come meccanismi ed apparecchi connessi ed incorporati col fabbricato e che servano a trasmettere la forza motrice?

Ricordiamo la definizione data in proposito dal Kapp, il cui nome rappresenta un'autorità indiscussa in materia. Egli dice che l'industria di produzione e di distribuzione di elettricità consiste di due parti essenziali: « Una macchina a vapore, una turbina, od un altro qual-
» siasi motore, forniscono della *forza motrice* ad una macchina di-

» namo elettrica; questa *converte* la forza motrice in energia elettrica, » rappresentata da una corrente che scorre sotto una data pressione » elettrica ».

Chi guardi una dinamo da due punti di vista opposti, vede da una parte applicarsi una forza motrice e dall'altra manifestarsi una corrente elettrica: questo lavoro di trasformazione dà un prodotto che si trasporta ai luoghi di mercato, si accumula, si misura, si vende, si utilizza direttamente senza cambiarne la natura e, permetteteci di dire, come è stato *lavorato*, per ottenere effetti industriali di luce, di calore, di azioni chimiche, di moto e via dicendo. Ciò a seconda della destinazione che gli si vuol dare, e delle *cose* che si introducono nel circuito traverso il quale scorre la corrente stessa, filamento di carbone o di altra materia per le lampade a incandescenza, carboni per le lampade ad arco, resistenze per riscaldamento, liquidi per elettrolisi, ecc., ed infine altre macchine dinamo elettriche, quando si voglia ottenere il moto.

Si tratta quindi di un prodotto industriale che, come tale, non può venire colpito dall'imposta sui fabbricati.

Da un altro punto di vista poi, una dinamo produttrice di energia elettrica sotto forma di corrente, una rete di fili conduttori di tale corrente, od altro mezzo anche senza fili, una seconda dinamo che la trasforma nuovamente in energia meccanica, formano un sistema che riproduce a distanza, dedotte le perdite, quasi interamente quella stessa energia meccanica che il generatore di forza motrice fornisce alla prima dinamo per trasformarla in corrente elettrica, corrente che i fili trasmettono a loro volta alla seconda dinamo (motore elettrico). Tale geniale sistema di trasmissione deve quindi *per tale titolo* e a termine di legge sfuggire a qualsiasi tassazione.

Non sarebbe ammissibile una tassazione che in un solo caso, quando cioè la produzione della energia elettrica (corrente) non fosse dovuta alla trasformazione di una forza motrice, ma ad altre sorgenti di elettricità; in tal caso l'energia elettrica che, prodotta con tali mezzi ed applicata ad una dinamo (motore elettrico) desse luogo alla produzione di energia meccanica, la farebbe diventare agli effetti della legge un vero e proprio generatore di forza motrice.

Considerando d'altra parte questa espressione « *generatore di forza motrice* » adoperata nella legge, si può osservare che, quantunque essa non sia scientificamente esatta, pure nel linguaggio pratico ha una significazione sua speciale, la cui importanza merita di essere rilevata. Si usa infatti tale espressione per indicare un apparecchio che, utilizzando materie brute o elementi naturali, fornisce

all'uomo della forza motrice. Tale apparecchio dunque si può dire che *generi*, giacchè da elementi eterogenei sparsi sulla terra e non utilizzati, trae un prodotto nuovo e utile.

Una dinamo elettrica non è quindi, sotto tal punto di vista, un generatore, perchè in nessun modo utilizza elementi naturali per crearne una utilità, ma altro non è che l'estremità di una catena la quale utilizza la forza motrice che un vero e proprio generatore le ha inizialmente fornito.

Potrebbe però chiamarsi generatore di forza motrice, come già si disse, una dinamo elettrica, la quale assorbisse, ad esempio, l'elettricità atmosferica o utilizzasse le correnti telluriche: allora soltanto sarebbe paragonabile nella sua funzione e nella sua essenza ad un motore termico od idraulico.

Ma, nel caso dei nostri impianti, la cosa è affatto diversa; in essi non si verificano che successive trasformazioni di una in altra energia e i meccanismi che producono tali trasformazioni non rientrano nella categoria di quelli compresi nella legge.

Circa l'altro termine della questione, se le dinamo e i motori elettrici siano macchine connesse ed incorporate nel fabbricato, noi sappiamo che ciò non è affatto necessario: che anzi esse sono costruite in modo che basta l'appoggiarle e si possono sollevare e trasportare rapidamente altrove, senza scorporare o sconnettere alcuna parte del fabbricato.

Circa i trasformatori, la cui funzione si è quella di variare semplicemente la tensione della corrente prodotta dalla dinamo, cioè uno dei fattori della energia elettrica, non vi può essere dubbio alcuno che essi sieno come sono un organo assolutamente mobile inserito nei circuiti dei conduttori della corrente, e quindi vadano categoricamente esclusi dalla legge. Non troveremo altre argomentazioni più esaurienti da svolgere in proposito, perchè non arriviamo neppure a pensare quali in contrario ne potrebbe formulare il fisco!

Accennati così i vari punti delle controversie sollevate dal fisco, preme che sia affermato dall'assemblea qui riunita quanto segue:

1) che scientificamente ed effettivamente le dinamo non sono, nè possono considerarsi, generatori di forza motrice, ma sono trasformatrici di energia meccanica in energia elettrica o viceversa;

2) che esse col mezzo della forza motrice fornita da generatori producono dell'elettricità che è un prodotto industriale ed una *cosa* come venne definita dalla Corte di Cassazione di Roma;

3) che non è necessario connettere od incorporare col fabbricato nè le dinamo nè i motori elettrici;

4) che volendosi riprodurre a distanza una certa quantità di energia meccanica mediante un sistema di dinamo e di fili conduttori, tale sistema forma nel suo complesso una trasmissione non soggetta a tassazione;

5) che i trasformatori sono apparecchi mobili, semplicemente inseriti nel circuito dei conduttori, e non debbono per alcun titolo venire tassati;

6) che in ogni caso le dinamo si debbono ritenere, agli effetti della Legge, come macchine lavoratrici.

Rimane una seconda parte forse ancora di maggiore importanza, e già accennata in principio, l'imposta cioè sulla *forza motrice propriamente detta*.

La nostra Associazione, che si è occupata delle tasse di consumo sull'energia elettrica e della legge per le derivazioni d'acqua, potrà utilmente esprimere il suo avviso anche su questa questione che è vitale per le stazioni idroelettriche.

L'articolo di legge sopra ricordato indica come parti integranti degli opifici, e quindi tassabili, i generatori della forza motrice. Lasciando ora in disparte la vertenza sopra accennata, se le dinamo sieno o no generatori di forza, è fuori dubbio che tali debbono, agli effetti della legge, considerarsi nelle centrali idroelettriche le turbine, ed in quelle termiche le caldaie e le motrici a vapore. Per queste ultime, caso strano, il modo di tassazione è pacifico, valutandosi il reddito che possono dare caldaie di determinata superficie e motrici di determinata potenza, o, quando manchino mezzi diretti per stabilire tale reddito, ricorrendo al metodo indiretto del prezzo di costo dei macchinari, al quale si fa corrispondere un'equa retribuzione (interesse del capitale impiegato), cioè un termine equipollente al reddito. Qualunque sistema di estimazione si adotti per queste centrali a vapore, gli elementi ne sono almeno precisati e fuori contestazione, cioè le caldaie e le motrici, e nessuno, pare fiscalmente quasi impossibile, ha mai pensato di introdurre nell'analisi le *materie* che si adoperano affinchè le caldaie e le motrici *generino* la forza, e così nessuno ha mai valutato nè l'acqua nè il carbone, nè il gas che non possono evidentemente considerarsi come meccanismi, e meno che mai connessi od incorporati col fabbricato. La logica e la stessa evidenza insegnerebbero che un eguale metodo dovrebbe adottarsi per le centrali idroelettriche, ma pur troppo non è così: in queste ultime si vuol colpire *a titolo di forza motrice* l'acqua, anche se essa è semplicemente concessa in uso contro il pagamento di un canone.

Ne consegue dunque che elementi di consumo e di spesa dovreb-

bero diventare valori capitali e redditizi! E ben s'intende che si parla sempre di forza nominale, venendo così a tassare anche quella parte di forza che per leggi fisiche va irremissibilmente perduta.

Molte ragioni di ordine giuridico potrebbero svolgersi in merito a tale gravissima questione, ed altri, in altra sede, lo potrà fare meglio e più opportunamente di noi.

Da parte nostra ci limitiamo a constatare la flagrante violazione della legge, la quale si riferisce esclusivamente (e basta riflettere che siamo in tema di imposte sui *fabbricati*) a meccanismi generatori di forza e che fanno parte integrante dell'opificio. E mentre si fa una retta applicazione nel caso delle centrali termiche, si commette invece un'ingiustizia stridente nel farne una così diversa alle centrali idroelettriche, tanto che se il nuovo criterio fiscale potesse venire confermato e sanzionato dalle competenti autorità, si dovrebbe finire a richiedere, e parrà una crudele ironia, che la medesima tassa venisse imposta sul carbone e sull'acqua che si impiegano nelle caldaie.

Pel fatto di tale erronea e disforme applicazione data alla legge da chi è chiamato ad eseguirla, una gravissima iattura minaccia le industrie idroelettriche, che è strettamente necessario e altamente doveroso di scongiurare, invocando anche, se occorra, opportuni provvedimenti legislativi, o quanto meno ottenendo che il Ministero competente dia istruzioni categoriche agli agenti fiscali, e, caso raro, una volta tanto, favorevoli ai contribuenti.

Basta riflettere, o signori, che, senza ricorrere alle esagerazioni mostruose di L. 30 a 40 per cavallo reclamate quale reddito della forza motrice, prendendo ad esempio soltanto la cifra di L. 25, il cavallo effettivo utilizzabile al luogo di impiego verrebbe gravato di almeno lire 50 quale reddito agli effetti dell'imposta sui fabbricati, per immaginare quale enorme danno si arrecherebbe alle nostre industrie, parecchie delle quali non potrebbero assolutamente sopportarlo, e quali notevoli ed ingiustificati vantaggi presenterebbero le centrali termiche in confronto di quelle idrauliche. Si dovrebbe concludere che un simile aggravio segnerebbe la fine sicura del risveglio economico, tanto accarezzato colle parole e tanto maltrattato coi fatti.

Prima di concludere, giova notare che altre vertenze di minore importanza, e citeremo ad esempio quella del macchinario di riserva, si presentano nella pratica quotidiana della applicazione della legge; ma abbiamo preferito di non scendere a troppi particolari di fronte alle questioni assorbenti sopra accennate.

Riassumendo ora questi brevi appunti, pare opportuno di terminare come si è cominciato, dicendo che da una parte si vorrebbe gravare

con l'imposta sui fabbricati l'acqua, le turbine, le dinamo, i trasformatori; e dall'altra colpire colla tassa di ricchezza mobile quello che resta.

Contro questo eccesso di fiscalità, le cui conseguenze possono riuscire gravissime, si affermi dunque il voto autorevole della nostra Associazione col seguente Ordine del giorno, che abbiamo l'onore di proporre:

« Considerando che l'art. 7 della Legge 11 luglio 1889 sull'imposta fabbricati non poteva, per ragioni di data, riferirsi alle centrali elettriche con distribuzione di energia a distanza;

« Ritenuto tuttavia che l'articolo suddetto sia inteso a stabilire quali elementi debbano, oltre il fabbricato, considerarsi come parti integranti degli opifici per l'accertamento del loro reddito; che tale articolo indica tassativamente per l'effetto suddetto i generatori della forza motrice, i meccanismi ed apparecchi che servono a trasmettere la forza motrice quando sieno connessi ed incorporati col fabbricato, ed esclude categoricamente le trasmissioni e le macchine lavoratrici;

« Ritenuto inoltre ed affermato:

« 1) che scientificamente ed effettivamente le dinamo non sono nè possono considerarsi generatori di forza motrice;

« 2) che esse, trasformando l'energia meccanica fornita da generatori di forza in energia elettrica, dànno un prodotto industriale e debbono quindi, agli effetti della legge, ritenersi macchine lavoratrici;

« 3) che non occorre connetterle nè incorporarle col fabbricato;

« 4) che il sistema di due dinamo collegate da conduttori forma una trasmissione;

« 5) che i trasformatori sono apparecchi mobili inseriti nei circuiti di trasmissione e di distribuzione;

« 6) che per tutti i motivi precedenti, nè le macchine dinamoelettriche, nè i trasformatori debbono a termini di legge venire tassati;

« 7) che la *forza motrice* non è compresa, nè possa assolutamente comprendersi fra le parti integranti dell'opificio specificate nella legge, e quindi debba escludersi dalla tassa;

« 8) che il colpire, come si vorrebbe, con l'imposta sui fabbricati la forza idraulica delle centrali idroelettriche e poi con quella di ricchezza mobile il loro reddito industriale, costituisce un duplicato di tassa ad un solo oggetto;

« 9) che il gravare l'acqua, mentre non si colpisce il carbone nè il gas, è atto contrario alla legge ed in ogni caso ingiusto perchè produce una evidente sperequazione;

« 10) che, in ogni caso, gli accertamenti d'ufficio vengono fatti in così eccessiva misura da riuscire fatali allo sviluppo delle imprese destinate ad utilizzare le forze naturali del paese:

« L'Assemblea generale dell'Associazione Elettrotecnica Italiana

FA VOTI

perchè, nell'interesse dell'economia nazionale e per evitare nuove sperequazioni, il Ministero, presa in serio esame la questione, disponga, mediante categoriche e precise istruzioni ai proprii agenti, che l'art. 7 della Legge 11 luglio 1889 venga applicato secondo giustizia a conforme alle sovra espresse conclusioni, e incarica la Presidenza di presentare a S. E. il Ministro delle Finanze il suddetto Ordine del giorno ».

N. 48.

IL FUNZIONAMENTO DEL ROCCHETTO DI RUHMKORFF

LETTURA

dell'Ing. GIOVANNI GIORGI

all'Assemblea Generale di Torino nella Seduta del 1º novembre 1902

(Con 3 figure).

Dietro lo sviluppo della radiografia, telegrafia senza fili, correnti ad alta frequenza, etc., il rocchetto di Ruhmkorff ha acquistato una vera importanza tecnica. Sarebbe desiderabile che la teoria indicasse almeno i criteri per guidarne la costruzione. Invece la teoria è singolarmente difficile, e finora non è stata sviluppata molto. Come osserva Lord Rayleigh nel suo magistrale riassunto, « siamo ancora lungi dal comprendere bene il funzionamento dell'apparecchio ».

Invero non sono mancate ricerche sperimentali e teoriche intese a determinare l'influenza delle varie parti dell'apparecchio sul suo risultato finale; e ricorderò fra i lavori più moderni:

R. COLLEY, *Wied. Ann.*, 1891: *Zur Theorie des Ruhmkorff'schen Apparates*;

G. JAUMANN, *Wied. Ann.*, 1895: *Inconstanz des Funkenpotentiales*;

R. OBERBECK, *Wied. Ann.*, 1897-99: *Ueber die Spannung am Pole eines Inductionsapparates*;

B. WALTER, *Wied. Ann.*, 1897-98: *Ueber die Vorgaenge im Induktionsapparat*;

T. MIZUNO, *Phil. Mag.*, 1898: *On the function of the condenser in an induction coil*;

R. BEATTIE, *Phil. Mag.*, 1900: *The spark-length of an induction coil*;

K. R. JOHNSON, *Wied. Ann.*, 1900: *Constanz oder Inconstanz des Funkenpotentials*;

ID., *Phil. Mag.*, 1900: *On the theory of the function of the condenser in an induction coil*;

ID., *Wied. Ann.*, 1900-1901: *Beitraege zur Kenntniss der Vorgaenge in Inductionsapparaten*;

KLINGELFUSS, *Wied. Ann.*, 1901: *Untersuchungen an Inductorien*;

Lord RAYLEIGH, *Phil. Mag.*, 1901: *On the induction coil*;

E. BLOCH, *Ann. Chim. Phys.*, 1902: *Sur la bobine d'induction*;

J. E. IVES, *Phys. Rev.*, 1902: *Contribution to the study of the induction coil.*

Ma, data la complicazione dei fenomeni da investigare, le ricerche sperimentali non possono apportare molta luce se non si conosce prima, almeno nelle sue linee generali, la teoria del funzionamento dell'apparecchio. Ora le teorie matematiche sviluppate dagli autori, fondate sull'ipotesi di f. e. m. alternante, o istantaneamente interrotta, circuiti con coefficienti d'induzione costante, etc., permettono bensì di trattare completamente il caso di un trasformatore Tesla, senza ferro, alimentato da correnti oscillanti; ma al caso di un rocchetto di Ruhmkorff propriamente detto, contenente cioè un nucleo di ferro, e alimentato da una corrente interrotta ordinaria, non potrebbero essere applicate senza importanti modificazioni.

In quest'apparecchio è precisamente la differenza fra il comportamento *vero* e quello così detto *ideale*, che rende ragione delle azioni più importanti nel suo funzionamento. I fenomeni all'interruzione del primario, l'effetto del condensatore, l'isteresi del ferro acquistano importanza tale che divengono predominanti sul risultato. Non è più possibile parlare di coefficienti di auto e mutua induzione, e nemmeno di fattori smagnetizzanti, coefficienti di decremento della f. e. m. impressa, e simili quantità da cui la teoria del trasformatore ideale dipende interamente.

L'estensione di questa teoria in modo da tener conto simultaneamente di tutte le principali azioni perturbatrici che intervengono in un rocchetto ordinario, non sarebbe esente da difficoltà, e non è stata, che io sappia, ancora tentata. Credo però che la maggior parte delle difficoltà teoriche s'incontrino appunto se si cerca di ricondurre l'uno all'altro caso. Un'intelligenza fedele dell'andamento dei fenomeni si può invece ottenere abbastanza facilmente se, allontanandosi interamente dal caso del funzionamento ideale, si cerca di applicare i principii generali dell'elettrodinamica allo studio del rocchetto, preso *come è veramente* nel suo insieme.

Indicherò ora sommariamente le linee generali, secondo cui, a mio avviso, questo studio si potrebbe intraprendere.

*
* *

L'azione del rocchetto di Ruhmkorff è duplice: gli effetti d'induzione nel primario, e la trasformazione dovuta al doppio avvolgimento. Quest'ultima, quando non vi sono fughe magnetiche, ha un effetto di moltiplicazione puro e semplice: se il rapporto di trasformazione dovesse essere l'unità, si potrebbe sopprimere il secondario e ricavare la scintilla dai poli del primario direttamente.

La fig. 1 rappresenta un apparecchio così semplificato.

Un circuito R R è avvolto su un nucleo di ferro, e fra i suoi poli trovasi derivato uno spinterometro S (apparecchio a scintille); sui poli medesimi agisce una pila, con interposto interruttore. Si aggiunge poi un condensatore in derivazione fra i poli dell'avvolgimento o dell'interruttore.

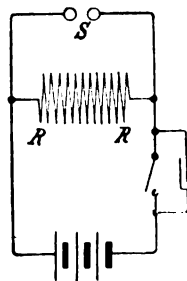



Fig. 1.

Per rappresentare i fenomeni, ricorriamo ad un paragone idraulico. Il circuito elettrico sia una conduttura d'acqua, la pila sia una pompa che la mantiene in movimento, l'interruttore un rubinetto, e la bobina può essere rappresentata, se si vuole, da un avvolgimento del tubo, che ha pur esso l'effetto di aumentare l'inerzia dell'acqua; del condensatore facciamo da principio a meno, e lo spinterometro sia un tubo intercettato da un diaframma fragile; la richiesta scintilla è rappresentata allora dalla rottura del diaframma. Il fenomeno in entrambi i casi avviene così: La corrente elettrica e la corrente d'acqua hanno in comune una proprietà dinamica: quella di essere accompagnate da energia intrinseca; chiudendo il rubinetto, l'acqua non può arrestarsi d'un tratto, perchè allora l'energia sarebbe ridotta a zero, senza equivalente: deve infrangere il diaframma, e nel successivo attrito idrodinamico l'energia sarà assorbita, e la corrente gradualmente fermata. Anche la corrente elettrica si comporta come se avesse un'inerzia sua propria: aprendo d'un tratto il circuito, non può essere fermata d'un tratto; supera sotto forma di scintilla l'intervallo fra le punte dello spinterometro, fino a trasformazione in calore dell'energia intrinseca disponibile.

Ma in realtà l'interruzione non può essere istantanea: allora, nel primo momento, la distanza fra i poli dell'interruttore è minore che

quella dello spinterometro: la scintilla si manifesta nell'interruttore, e, una volta apertasi la via, si conserva per un istante, e questo basta per scaricare ivi tutta l'energia accumulata nell'apparecchio, o gran parte. In idraulica, nel primo momento che la chiusura avviene, possiamo immaginare la resistenza del rubinetto ancora inferiore a quella del diaframma; l'inerzia dell'acqua allora rompe o danneggia il rubinetto, e l'effetto voluto è mancato. È il fenomeno del colpo d'ariete.

Per impedirlo, si mette in derivazione sulla conduttura una cassa d'aria. L'equivalente della cassa d'aria è appunto il condensatore.

Il condensatore è un apparecchio che al passaggio della corrente oppone una resistenza elastica. Finchè il circuito è in regime permanente, attraverso al condensatore la corrente non passa. Al momento dell'interruzione, la corrente trova nel condensatore una via libera per continuare il suo corso; prende questa via, e intanto le punte dell'interruttore hanno tempo di allontanarsi. Ma la reazione controelettromotrice del condensatore, nulla da principio, cresce, al pari di una forza elastica, proporzionalmente alla quantità d'elettricità passata. E se il coefficiente di flessibilità, cioè la capacità del condensatore, è grande, in questo come in una molla va a immagazzinarsi tutta l'energia propria della corrente: e a questo punto la corrente sarà annullata, e ritornerà indietro, e avremo la nota legge di estinzione, sotto forma oscillatoria o no. Se invece la capacità è piccola, a un certo punto la reazione controelettromotrice del condensatore eguaglierà il voltaggio necessario per attraversare lo spinterometro; allora partirà la scintilla, e in essa la residua energia della corrente, e parte anche di quella accumulata nel condensatore verrà a manifestarsi.

L'andamento del fenomeno, nelle sue linee generali, così appare evidente. Vediamo di discuterne i particolari.

*
* *

Il problema da risolvere, nel costruire l'apparecchio, è di ottenere sotto forma di scintilla il massimo effetto, e in linguaggio fisico questo vuol dire il massimo lavoro possibile. Date le dimensioni dell'avvolgimento, il risultato dipende dall'interruttore, dal condensatore e dal nucleo magnetico.

Fermiamo anzitutto l'attenzione al nucleo, perchè ad esso il calcolo del condensatore e dell' interruttore sono subordinati. Lo scopo del nucleo è di aumentare l'inerzia elettrodinamica della corrente, cioè di accumulare maggior quantità di energia.

Ora il lavoro della corrente magnetizzante è massimo quando il nucleo forma circuito magnetico chiuso; ma quello che interessa pei risultati non è la totale energia comunicata al nucleo, sibbene quella sola che viene restituita al cessare della corrente. L'isteresi fa sì che questa quantità è minima quando il nucleo è chiuso; aumenta interponendo un intraferro; ma in presenza di un intraferro indefinitamente crescente, diminuisce di nuovo per tendere verso zero. Per un dato nucleo si tratta dunque di determinare il valore dell'intraferro che dà il massimo effetto. Questo problema si può risolvere nel modo seguente.

Facciamo un diagramma (fig. 2), prendendo per ascisse le f. m. m. in ampère, e per ordinate i corrispondenti flussi magnetici in weber, supposti misurati sul nucleo quando è chiuso in circuito magnetico senza intraferro. Abbiamo la nota curva dell'isteresi. Se ora è interposto un intraferro, questo assorbe una f. m. m. addizionale, proporzionale al flusso: per tenerne conto, basterà misurare le ascisse da una retta inclinata $O\,\phi'$ invece che dall'asse $O\,\phi$ primitivo.

Allora, se $F_0\,F$ è la f. m. m. massima, cioè quella che corrisponde all'intensità di regime della corrente magnetizzante, questa si riduce a zero quando la corrente cessa; quindi dal punto F della curva si

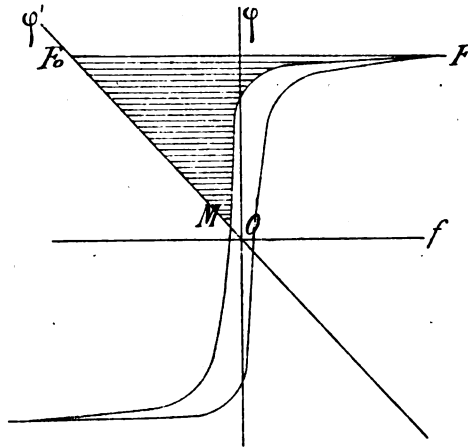



Fig. 2.

discende al punto M, intersezione con la $O\,\phi'$. Il lavoro restituito dal nucleo durante questo processo risulta, in joule:

$$u = \int f\,d\,\phi$$

preso fra i limiti detti, e nel diagramma è precisamente rappresentato dal triangolo tratteggiato.

Tenendo invariata la curva d'isteresi, e la lunghezza $F_0 F$, l'area in questione raggiunge un massimo per un particolare valore dell'angolo $\phi O \phi'$; questo determina dunque, per un dato nucleo, l'intraferro di massimo effetto. Per la calcolazione pratica, la costruzione di tutto il diagramma non è necessaria; e siccome non si può fare a meno di un dato sperimentale, cioè la conoscenza del carattere magnetico del ferro, conviene probabilmente meglio con un esperimento unico determinare direttamente il risultato.

Intanto, dalla semplice ispezione di un diagramma, costrutto nell'ipotesi di un ferro di qualità normale, si rileva senz'altro che l'area tratteggiata si riduce ad un valore assai piccolo allorquando la frazione di f. m. m. consumata nell'intraferro è di molto inferiore o di molto superiore a quella consumata nel nucleo. In altre parole, l'intraferro di massimo effetto ha una reluttanza, non diciamo eguale a quella del nucleo, ma per lo meno dello stesso ordine di grandezza.

Ora il ferro, in un rocchetto di Ruhmkorff, può avere una permeabilità $\mu = 2000$ almeno; il che vuol dire che se il nucleo fosse un anello rientrante dello sviluppo di 500 mm. l'intraferro di uguale reluttanza sarebbe dato da uno strato d'aria dello spessore di 1|4 di millimetro. È probabile quindi che nella maggior parte dei rocchetti ordinariamente costrutti l'intraferro sia in realtà di gran lunga esagerato.

Questo risultato si troverebbe in contraddizione, forse soltanto apparente, con un'opinione oggidì generalmente ammessa. Gli esperimenti rimarchevoli di Klingelfuss lo confermano nondimeno con esattezza.

Un altro particolare nel quale i rocchetti finora costrutti lasciano campo a miglioramento è il volume totale del nucleo. Accertata che sia la proporzione più vantaggiosa fra ferro e intraferro, avremo assicurata da ogni centimetro cubo di ferro la massima restituzione di energia ad ogni interruzione. Per avere un'energia totale considerevole, è necessario che anche il volume totale del nucleo di ferro sia molto rilevante; il rocchetto si allontanerà con questo sempre più dal caso del trasformatore ideale, ma con diretto vantaggio della potenzialità di funzionamento.

***

Quanto al condensatore, sappiamo che scopo della sua presenza è d'impedire la scintilla all'interruzione del primario; ma contemporaneamente ha l'effetto di attenuare il voltaggio di scarica del rocchetto. Quindi l'interesse che la capacità non sia maggiore del valore pura-

mente necessario; e per poter ridurre questo entro un limite ristretto, l'azione dell'interruttore dev'essere la più pronta possibile.

Se la velocità d'interruzione potesse ottenersi infinita, non sarebbe più necessario il condensatore, e la potenza effettiva dell'apparecchio sarebbe aumentata. Questo risultato fu enunciato da Lord Rayleigh, e poi confermato dai suoi esperimenti; effettuando l'interruzione con una palla da fucile, egli constatò che il condensatore era puramente nocivo, e si otteneva una scintilla più grande che non con l'interruttore ordinario e condensatore; con una palla di pistola l'interruzione non era ancora tanto rapida da assicurare lo stesso risultato.

Nel caso di un interruttore meccanico ordinario, si deve cercare che le punte si distacchino con velocità considerevole. Questo si ottiene tenendo la frequenza di oscillazione elevata e lunga corsa. La frequenza elevata ha anche il vantaggio d'aumentare il numero delle scintille per unità di tempo, e quindi, sotto un nuovo aspetto, l'efficacia pratica dell'apparecchio. Ma anche a questo vi è un limite, perchè bisogna dare ogni volta al rocchetto il tempo di *caricarsi* completamente.

Dicendo e la f. e. m. impressa, r la resistenza di tutto il circuito, n il numero di spire, φ il flusso, i la corrente, avremo:

$$e = i\,r + n\,\frac{d\,\varphi}{d\,t}\,.$$

(il condensatore non entra in calcolo, perchè durante il periodo di carica è chiuso in corto circuito). Le soluzioni usuali di questa equazione, fondate sull'ipotesi di induttanza costante, non sono applicabili al nostro caso; ma un'idea approssimativa del risultato si può ottenere procedendo come segue. Per quella parte della curva d'isteresi che qui ci riguarda, la relazione fra flusso e corrente può con molta approssimazione venire espressa da uno sviluppo della forma:

$$\varphi = \varphi_0 + h\,i - \frac{k}{2}\,i^2,$$

dove φ_0, h, k sono costanti positive. Sostituendo, e risolvendo rispetto alla variabile t, si ottiene il tempo di chiusura del circuito, necessario affinchè l'intensità di corrente, da zero raggiunga un valore determinato i:

$$t = \int_0^i \frac{n}{e - i\,r}\,(h - k\,i)\,d\,i\,,$$

ovvero:

$$t = -\frac{n}{r}\left(h - \frac{k\,e}{r}\right)\log\left(1 - \frac{i\,r}{e}\right) + \frac{k\,n}{r}\,i\,.$$

Abbiamo dunque il semiperiodo d'oscillazione dell'interruttore, in funzione del valore finale della corrente. Ora questo dev'essere molto prossimo al valore limite $\frac{e}{r}$.

Un conveniente valore di t si avrebbe probabilmente ponendo:

$$t = \frac{n}{r} h.$$

Qui compare ancora la quantità h, che non è facile a determinare. Ma siccome, a causa della presenza dell'intraferro, si può dimostrare che con un apparecchio ben proporzionato l'altra costante k è realmente sempre positiva e diversa da zero, così possiamo scrivere:

$$h > \frac{\phi - \phi_0}{i},$$

e quindi:

$$t > \frac{n}{r} \frac{\phi - \phi_0}{i},$$

e in luogo della quantità $\frac{i\,r}{n}$ possiamo sostituire ε, la f. e. m. media per spira di filo, senza alterare la disuguaglianza.

Allora si avrebbe:

$$t > \frac{\phi - \phi_0}{\varepsilon},$$

la quale contiene solamente quantità di facile determinazione. La ε è funzione della densità di corrente, che deve essere quindi la più elevata possibile.

Per rocchetti di dimensioni grandi, si potrà avere $\phi - \phi_0 = 0{,}001$ weber, $\varepsilon = 0{,}02$ volt, e quindi risulterebbe $t > 0{,}05$ secondi; ma per rocchetti di medie dimensioni, t risulta di gran lunga più piccolo. Questo non è che un limite inferiore, ma induce nondimeno a ritenere che la maggior parte degl'interruttori meccanici fin qui costrutti abbiano una frequenza d'oscillazione troppo lenta. L'efficacia dell'interruttore Wehnelt è in gran parte dovuta alla sua frequenza elevata e prontezza d'azione.

In un rocchetto completo si ha in più un avvolgimento secondario distinto dal primario.

Se i due conduttori sono avvolti strettamente uno presso l'altro, in modo da non avere fughe magnetiche, i risultati della teoria si mo-

dificano solo in questo modo: la corrente può senza interruzione dinamica trasferirsi dall'un circuito all'altro, conservando però inalterato l'amperaggio *totale;* e quindi l'intensità di corrente nel filo d'avvolgimento risulta alterata secondo il rapporto inverso, e il voltaggio fra gli estremi secondo il rapporto diretto dei numeri di spire. L'energia della scarica rimane naturalmente la medesima, ma il voltaggio elevato è condizione principale richiesta da quasi tutte le applicazioni del rocchetto. Nell'ariete idraulico l'apparecchio così completo trova allora il suo esatto corrispondente.

Il rapporto di moltiplicazione potrebbe crescere teoricamente fino all'infinito, pur di aumentare in proporzione il numero delle spire del secondario; ma a quest'aumento vi è un limite pratico imposto dallo spessore dell'isolante sul filo. Un altro limite si incontra in ciò: che un avvolgimento di molte spire possiede una capacità distribuita sensibile.

Qual è l'effetto di questa capacità? Evidentemente dev'essere quello di diminuire la potenzialità dell'apparecchio, ma è difficile dire in quale misura. Un condensatore che fosse applicato fra gli estremi del secondario equivarrebbe ad un condensatore nel primario, con una capacità moltiplicata secondo il rapporto di trasformazione. Invece una capacità distribuita trasforma l'apparecchio in un sistema con infiniti gradi di libertà; ad un sistema siffatto non sono più applicabili i metodi matematici ordinari; ma se fosse conosciuta la legge di distribuzione della capacità, si potrebbe applicare qualche metodo funzionale come quelli che sono stati applicati per trattare la propagazione delle onde nei lunghi cavi. In realtà è ben difficile determinare sperimentalmente non solo la legge di distribuzione della capacità, ma anche il suo valore totale. Gli effetti misurabili appaiono solamente nella mancata proporzionalità fra il voltaggio del secondario e il numero delle spire, quando questo oltrepassa un certo limite; e a tale riguardo, le osservazioni di quasi tutti gli sperimentatori sono state concordi nel constatare che il fenomeno esiste, ma che la sua importanza non è molto grande.

Altrettanto possiamo dire in pratica degli effetti delle fughe magnetiche fra primario e secondario. La differenza fra i flussi magnetici abbracciati dall'uno e dall'altro circuito fa sì che i due non si possono più considerare come elettromagneticamente solidali. Il sistema passa da uno a due gradi di libertà. Le conseguenze che questo porta, nel caso dei trasformatori senza ferro, sono ben note dalla teoria dei sistemi vibranti; e da queste possiamo farci un'idea, almeno qualitativa, di ciò che avviene in un rocchetto con ferro: si tratterà sempre anche qui di un'attenuazione degli effetti induttivi, in gran parte non dissimile da quella dovuta alla capacità nel secondario.

In un rocchetto ben costrutto, dove gli avvolgimenti siano eseguiti con cura, e il circuito magnetico razionalmente studiato, con grande nucleo di ferro e prossimamente chiuso, l'entità delle fughe magnetiche si può certo ridurre entro un limite assai piccolo, tale da renderne forse del tutto trascurabile l'influenza. Non altrettanto facilmente però questa condizione potrà essere realizzata in un rocchetto con nucleo cilindrico e corto.

Un'ultima e non lieve influenza nociva sul funzionamento pratico di un rocchetto è quella delle correnti parassite.

Se, oltre al primario e al secondario, si avvolge sullo stesso circuito magnetico, e non importa dove, ancora un circuito elettrico conduttore, su questo, invece che sul secondario, può trasferirsi la corrente elettrica e restare assorbita la sua energia. Quanto maggiore è la conduttanza di questo circuito, e tanto maggiore quantità di energia viene sottratta all'apparecchio. L'effetto è paragonabile a quello di una derivazione elettrica fra i poli del secondario.

Un tubo di rame, mobile lungo il nucleo, è talvolta usato per moderare l'azione del rocchetto. Lo stesso effetto del tubo di rame è quello delle correnti di Foucault che si destano nel nucleo di ferro. Se ne riduce l'importanza col noto artificio di suddividere il nucleo in lamine o in fili sottili.

*
* *

Le conclusioni pratiche di tutto questo studio possono essere le seguenti. Progettando un rocchetto di Ruhmkorff, il volume e le dimensioni esterne dell'avvolgimento saranno date *a priori*. La massima parte di questo volume deve essere assegnata al secondario, riservando al primario solo una frazione relativamente piccola.

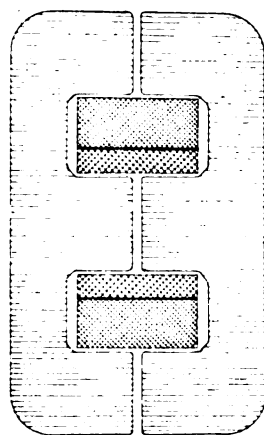
Il nucleo deve essere di ferro o d'acciaio assai dolce, non solamente esente da isteresi quanto è possibile, ma tale che il ramo discendente della curva d'isteresi non si discosti di troppo dall'andamento rettilineo. La magnetizzazione dovrà venire portata non molto oltre il punto in cui la permeabilità raggiunge il suo massimo.

La forma teoricamente più conveniente pel nucleo sarebbe quella d'un circuito magnetico quasi chiuso, con intraferro piccolissimo. Per un rocchetto di piccola o media potenza, una disposizione come quella della figura 3 e con intraferro variabile, potrebbe forse essere tentata con successo. Per i rocchetti di grande potenza, s'incontrerebbe l'ostacolo della difficoltà d'isolamento; in tal caso forse un nucleo cilindrico di lunghezza molto grande rispetto al diametro potrebbe costituire il pratico equivalente di un circuito magnetico con intraferro piccolo.

Comunque sia, una grande sezione e un grande volume del nucleo sarebbero essenziali per la buona utilizzazione dell'apparecchio. È necessario poi sempre che il nucleo sia suddiviso in fili e laminato, ma più sottilmente che non i nuclei dei trasformatori e delle dinamo.

Fig. 3.

Si scelga l'interruttore di più rapida azione possibile, facendo dipendere la frequenza dalla densità di corrente primaria. Il condensatore deve avere la capacità necessaria per evitare le scintille all'interruttore, e non di più. Lo spessore dielettrico nel condensatore, al pari di tutti gli spessori d'isolamento nell'apparecchio, dev'essere calcolato per resistere alla massima f. e. m. di funzionamento.

Riguardo all'avvolgimento primario non vi è altro da osservare se non che la f. e. m. di alimentazione dovrebbe essere la più alta possibile, e in relazione a questa, calcolato l'avvolgimento in modo da avere una densità di corrente tanto alta quanto consentita dal limite di riscaldamento del rame. Una condizione vantaggiosa di funzionamento si avrebbe ancora prendendo il diametro del filo molto più grande del valore che così si dedurrebbe; e limitando la densità effettiva della corrente con l'aumentare la frequenza dell'interruttore. Questo si fa in pratica qualche volta, ma bisogna allora non trascurare di proteggere il primario contro anormali variazioni di corrente.

N. 49.

RELAZIONE TRA LE PROPRIETÀ MECCANICHE E QUELLE ELETTRICHE E MAGNETICHE DEI FERRI E DEGLI ACCIAI

LETTURA

fatta dall'Ing. PIETRO VEROLE

all'Assemblea Generale di Torino nella Seduta del 1° novembre 1902.

Egregi Colleghi,

Non intendo di esporvi una Memoria, ma semplicemente di richiamare la vostra benevole attenzione sopra un nuovo orizzonte che si va schiudendo ai metodi per riconoscere le proprietà meccaniche dei ferri e degli acciai destinati ad essere impiegati nelle costruzioni.

Già da qualche tempo, in seguito alla grande varietà dei prodotti siderurgici ed alla differente resistenza che essi manifestano alle azioni meccaniche a cui vengono cimentati, a seconda del procedimento e della temperatura con cui furono prodotti e a seconda delle operazioni successive che essi subirono, come laminazione, fucinatura, tempera, ricottura, ecc., si è riconosciuto come l'analisi chimica elementare e le prove alla trazione sieno insufficienti, nella generalità dei casi, a riconoscere le diverse attitudini di tali metalli alle esigenze della pratica.

Per quanto riguarda l'analisi chimica elementare quale ordinariamente si effettua, basti riflettere che, oltrechè tenuissime e quasi impercettibili e inapprezzabili tracce di fosforo, zolfo, ecc., possono modificare profondamente i caratteri meccanici dei ferri e degli acciai, il loro tenore di carbonio rischiara assai poco tali caratteri, essendochè questi dipendono anche ed essenzialmente dalla forma sotto cui il carbonio è congiunto al ferro o in esso disseminato (grafite, carbonio grafitico, carbonio di carburo, carbonio di tempera e fors'anche diamante), le quali forme codesta analisi elementare non è in grado di rivelare.

È bensì vero che una nuova scienza sta sorgendo, la *siderologia*, la quale si propone di riconoscere i diversi stati del carbonio nel ferro

e nell'acciaio, nonchè i legami che collegano tali stati alle proprietà meccaniche del metallo. Ma essa nell'attuale sua fase embrionale non ci può essere di alcun sussidio; inoltre è dubbio che possa addurre a procedimenti di saggio semplici e rapidi quali si richieggono negli ordinarî collaudi.

Quanto alle prove alla trazione, che incontrarono tanto favore e rapidamente si diffusero a cagione specialmente dell'esattezza con cui si possono effettuare e del vantaggio che offrono di derimere ogni contestazione consentendo di esprimere numericamente alcuni caratteri meccanici, ritenuti essenziali, quanto ad esse è da osservarsi che in seguito alla accennata grandissima varietà dei prodotti siderurgici, non meritano più quella fiducia che in altri tempi vi si riponeva. E invero si riconobbe dapprima che le medesime non possono dare alcun indizio intorno alla resistenza all'urto ed agli sforzi bruschi e quasi istantanei; e però si comprese la necessità di controllarle con delle prove all'urto ogniqualvolta, come avviene in molti casi, il metallo non debba essere soggetto esclusivamente ad azioni statiche. Si riconobbe poscia che non solo non è indispensabile di effettuare le prove alla trazione per quei ferri e acciai che sono destinati a sopportare azioni dinamiche, ma che in taluni casi esse contraddicono a quelle all'urto, vale a dire che talvolta ottimi risultati (resistenze specifiche al limite di elasticità e alla rottura ed allungamenti percentuali corrispondenti) conseguiti nelle prove alla trazione, trovano riscontro in pessimi risultati nelle prove al maglio, e reciprocamente a ottimi risultati nelle prove all'urto corrispondono meno buoni risultati negli esperimenti alla trazione.

Aggiungasi che le prove alla trazione essendo alquanto costose e laboriose, si cercò di sostituirle con delle prove alla punzonatura, le quali, mentre non richieggono nè tempo notevole, nè preparazioni preliminari ed accurate di provini od altro, consentono pure, per alcune classi di prodotti, come rotaie, profilati per ponti e tettoie, ecc., se debbono essere lavorati mercè la punzonatrice, di esperimentare senza spesa i pezzi che vengono effettivamente impiegati nelle costruzioni. I tentativi fatti in proposito sono assai interessanti, ma ancora poco concludenti. Inoltre le prove alla punzonatura non promettono di portare maggior luce, di quella che ne portino le prove alla trazione, sulla resistenza dei metalli alle azioni dinamiche.

Altri interessanti studi e esperimenti si fecero per scoprire se esistesse una relazione tra il peso specifico e le proprietà meccaniche dei ferri e degli acciai, e così pure tra queste e le leggi secondo cui essi, dopo essere stati portati ad alta temperatura (1100° C. circa), si

raffreddano in un determinato ambiente sino a temperatura notevolmente inferiore (400° C.); ma con scarsi e poco promettenti risultati pratici.

Nè devesi tacere che la metallografia miscoscopica, tanto importante dal punto di vista scientifico, alla quale parecchi dotti dedicano le loro assidue cure, se riesce a rivelare la struttura del metallo, al presente non è in condizioni da dedurne da questa i caratteri meccanici, e d'altra parte i suoi procedimenti sono troppo complessi e delicati e richieggono abilità grande e sono troppo soggetti all'apprezzamento dell'operatore perchè possano entrare nel dominio della pratica corrente.

Ultimamente si ebbe a fare l'importante osservazione che lo stesso ferro o acciaio, a seconda delle condizioni in cui viene posto, può rompersi con o senza sensibile deformazione permanente: in altri termini esso può essere o non essere *fragile*. In seguito a ciò si è assai discusso intorno alla definizione della *fragilità*, la quale dipenderebbe non più soltanto, come altra volta si riteneva, dalle condizioni intrinseche della materia, ma eziandio da condizioni estrinseche; e perciò non può essere rivelata dalle ordinarie prove all'urto. Per evitare ogni malinteso si propose un nuovo vocabolo, quello di *resilienza*, per designare la resistenza viva alla rottura, in chilogrammetri per cmq., di uno strato infinitamente sottile: vale a dire la resistenza alla rottura non accompagnata da sensibili deformazioni. Evidentemente il metallo sarà tanto più pregevole quanto più sarà alta la sua resilienza, quando esso possa venire assoggettato ad azioni istantanee localizzate in pochi punti, più atte a provocare delle rotture immediate che non delle deformazioni. Il miglior modo di riconoscere la resilienza consiste nell'esperimentare all'urto delle sbarrette intagliate preferibilmente con intagli triangolari. Distinti tecnici hanno immaginato degli ingegnosi apparecchi atti a misurare il lavoro speso nella rottura delle sbarrette intagliate, e conseguentemente la resilienza, ed eseguirono numerose ed interessanti esperienze in argomento.

Tuttavia, nello stato attuale della tecnica, non è ancora possibile di arguire dai valori della resilienza le proprietà dinamiche che i ferri e gli acciai riveleranno nell'uso pratico: sarebbe quindi ora prematuro di prescrivere le prove sulle sbarrette intagliate nei capitolati d'oneri relativi alle forniture di tali materiali.

È importante riflettere che tutti i mezzi d'indagini di cui fecesi cenno che o sono nel dominio della pratica o sono suscettibili di entrarvi — analisi chimiche, prove alla trazione, di punzonatura ed all'urto, determinazione della resilienza, — non permetterebbero di saggiare, senza alterarli, i pezzi metallici che vengono effettivamente impiegati nelle

costruzioni, fatta solo eccezione delle prove di punzonatura che, come si disse, in alcune circostanze particolari consentirebbero di sperimentare i detti materiali mentre subiscono la lavorazione richiesta dall'uso cui sono destinati.

Infine, ed è per questo che ritenni opportuno di intrattenervi brevemente, egregi Elettricisti, essendosi constatato che qualunque variazione, anche assai tenue nelle condizioni fisiche o chimiche del carburo di ferro, è sempre accompagnata da un cambiamento dei suoi caratteri elettrici o magnetici, è lecito arguire che, mercè diligenti e numerose esperienze, si possano trovare le leggi che uniscono questi caratteri a quell'intima costituzione del metallo da cui dipendono le sue proprietà meccaniche. Note che siano tali leggi si potranno collaudare i ferri e gli acciai anche già completamente ultimati di lavorazione, senza alcun spreco di materia, mediante procedimenti consistenti semplicemente in misurazioni elettriche e magnetiche. La resistività, le curve del magnetismo e i cicli di isteresi in particolare sono caratteristici per le differenti qualità dovute a cause chimiche o fisiche dei ferri e degli acciai: loro mercè si distinguono nettamente i ferri puddellati, i ferri colati od omogenei, gli acciai ottenuti con i procedimenti Thomas, Martin-Siemens, Robert, gli acciai al nichelio, al volframio o tungsteno, ecc., ecc.; anche una tempera leggerissima ed un raddolcimento lieve del metallo è subito avvertito da tali diagrammi.

È questo il nuovo orizzonte che, come dissi al principio, si schiude all'indagine del ricercatore; e verso tale orizzonte noi Italiani non dovremmo tralasciare dal rivolgere la nostra attività. Il metodo sperimentale per determinare la resistenza dei materiali fu creato dall'immortale Galileo: in seguito l'Italia diede uno scarso contributo di indagini e ricerche esperimentali originali intorno a questa importante questione. È omai tempo che essa cooperi efficacemente al progresso di una scienza di cui deve essere orgogliosa. E pertanto sarebbe opportuno che nelle nostre Scuole industriali e di applicazione si desse la maggior possibile importanza alle ricerche sperimentali sulla resistenza dei materiali, e che le prove meccaniche sui prodotti siderurgici fossero sempre condotte parallelamente a ricerche elettriche e magnetiche per raccogliere gran copia di dati e di osservazioni che permettano di riconoscere le più importanti proprietà meccaniche dei ferri e degli acciai esclusivamente in base alle determinazioni elettriche e magnetiche, le quali soltanto, nelle presenti condizioni della tecnica, consentono di saggiare in generale qualsiasi oggetto od organo di ferro o di acciaio completamente ultimato, senza menomamente modificarlo nella sua forma o nelle sue condizioni di resistenza.

N. 50.

IL VARIATORE DI CORRENTE E LE SUE APPLICAZIONI

LETTURA

fatta dall'Ing. SECONDO SACERDOTE

all'Assemblea Generale di Torino nella Seduta del 1° novembre 1902

(Con due Tavole ed una figura nel testo).

Signori,

Ho fatto costruire dalla Ditta Ing. Gustavo Faccio e C. di Vaprio d'Adda, una macchina che gode della proprietà di trasformare senza alcun limite la tensione, la frequenza ed il numero delle fasi di una corrente alternata, e che perciò racchiude contemporaneamente in sè le qualità degli ordinari trasformatori di tensione, dei trasformatori di frequenza e dei convertitori, pure essendo diversa da ciascuna di queste macchine. Per distinguerla quindi ho creduto di chiamarla « Variatore di corrente », appunto per la sua proprietà di variare in modo così completo e reversibile le principali caratteristiche elettriche di una corrente. E poichè i risultati sperimentali ottenuti furono assai buoni, e credo fino ad ora mai raggiunti da altri in tali misure, e perchè la questione della trasformazione della frequenza, ed in particolare quella della conversione della corrente, è pur sempre assai interessante per gli elettrotecnici, così mi sono indotto a pregarvi di porgermi la vostra benevole attenzione.

Brevemente esporrò il principio su cui il mio apparecchio si fonda: In una massa di ferro o di altro materiale magnetico convenientemente lamellato e divisibile o no in parti, a seconda della comodità di costruzione, e formante un tutto continuo e senza interferro, si genera un campo magnetico rotante, adoperando a questo scopo le correnti monofasi o polifasi di cui si vuole trasformare la frequenza ed il voltaggio. Gli effetti di questo campo magnetico sono uguali a quelli

prodotti dal campo di un elettromagnete, eccitato da corrente continua, quando quest'ultimo sia fatto girare meccanicamente colla stessa velocità e col medesimo senso del campo rotante. Da ciò ne viene che se si costruirà sulla stessa massa magnetica un avvolgimento chiuso analogo a quello di un ordinario indotto di dinamo a corrente continua, ed in modo che i suoi fili, restando fermi con la massa, taglino però le linee di forza del campo che spontaneamente gira, in esso si genereranno le stesse forze elettromotrici che vi si produrrebbero quando fosse fatto ruotare con la stessa velocità e senso contrario fra i poli di una dinamo a corrente continua e di cui l'intensità del campo fosse identica a quella del campo rotante. Per semplicità ammettiamo che il campo rotante sia a due poli. Da quanto si è detto, risulta chiaro questo importante risultato tecnico, che in ogni spira di questo avvolgimento fermo nello spazio sono generate delle forze elettromotrici alternate sinusoidali, con frequenza eguale al numero dei giri del campo rotante e perciò uguale alla frequenza della corrente primaria. Queste forze elettromotrici sono generate nello stesso modo in tutte le spire, ma fra di loro hanno uno spostamento di fase esattamente uguale allo spazio angolare, misurato sulla circonferenza dell'indotto, che separa una spira dall'altra. Quanto maggiore è il numero delle spire, altrettanto minore sarà la differenza di fase fra due spire consecutive. Da ognuna di queste quindi si può derivare una corrente alternata spostata di fase dalle altre; e perciò, collegando un numero qualunque di conduttori ad un numero qualunque di spire, si possono portar fuori dall'apparecchio correnti polifasi con tensione trasformata e con differenza di fase qualunque, ma che però avranno ancora la frequenza della corrente primaria.

Ma non solo però. Se si collegheranno le spire nel solito modo con un ordinario collettore e si farà strisciare su questo collettore un numero qualunque di spazzole, colla stessa velocità angolare e collo stesso verso del campo rotante, ogni spazzola, durante il suo moto, viene in contatto coi successivi segmenti del collettore nell'istante in cui tutti raggiungono il potenziale che aveva il segmento precedente. La tensione alla spazzola quindi si manterrà sempre costante, e perciò fra due qualunque di esse si potrà derivare una corrente continua, perchè gli estremi del circuito mantengono sempre la stessa differenza di potenziale.

Da quanto ho detto, nasce quindi spontanea questa considerazione, che, poichè colle spazzole ferme si ottengono correnti con frequenza uguale alla frequenza primaria, e colle spazzole in rotazione sincrona si raccolgono correnti continue, ossia con frequenza zero, si potranno

raccogliere correnti alternate e con qualsiasi frequenza, facendo girare le spazzole con velocità diversa da zero o dal sincronismo.

La velocità Ω di rotazione delle spazzole, per ottenere una frequenza m, data una frequenza primaria n, per un campo rotante a due poli:

$$\Omega = 60\ (n\text{-}m),$$

in cui:

Ω = velocità di rotazione delle spazzole al minuto primo;
n = frequenza primaria;
m = » che si vuole ottenere nei circuiti secondari.

Il numero e la differenza di fase delle singole correnti ricavate è uguale al numero delle spazzole ed alla distanza angolare di una spazzola dalle altre, misurata sulla circonferenza del collettore.

Se il campo è a p coppie di poli, la formula diventa:

$$\Omega = \frac{60}{p}\ (n\text{-}m),$$

in cui le lettere mantengono lo stesso significato di prima e p = numero delle coppie di poli.

È però argomento di somma importanza tener conto del verso di rotazione delle spazzole in confronto a quello del campo rotante. E per sapere quale senso di rotazione si dovrà imprimere alle spazzole per avere una frequenza qualunque m, data una frequenza n, basterà osservare il valore che assumerà Ω nella formula sopracitata. Se (supposti m ed n positivi) Ω diventerà positivo, la rotazione deve avvenire nel senso del campo rotante; se invece Ω sarà negativo, la rotazione deve avvenire nel senso opposto.

È evidente che assieme alla variazione della frequenza si può produrre quella della tensione, perchè infatti con questo sistema la corrente polifase primaria, qualunque sia la sua tensione e qualunque sia il numero delle fasi, deve solamente generare un campo magnetico rotante di determinata intensità, e questa viene fissata in precedenza in base alla tensione che si vuole ottenere nel circuito secondario.

La figura schematica 1 della Tavola è un'illustrazione del collegamento dei circuiti dell'apparecchio. Per semplicità di figura le correnti primarie sono trifasi. AO, BO, CO rappresentano le tre fasi, D è l'avvolgimento chiuso tipo corrente continua; F è il collettore; G sono le spazzole rotanti che, anche per semplicità di figura, sono segnate in numero di due. In fianco è segnato schematicamente il piccolo *converter* M, destinato a funzionare come motorino sincrono per le spazzole e che deve fornirsi da sè la necessaria eccitazione. Esso riceve

la corrente alimentatrice direttamente dal circuito secondario del variatore. Dalle spazzole G si raccoglierà una corrente di qualsiasi frequenza, calcolando convenientemente la loro velocità di rotazione diversa caso per caso, e che si otterrà interponendo opportuni ingranaggi od altro mezzo di trasmissione fra il motore M e le spazzole.

La tensione invece dipenderà solo dagli elementi costruttivi degli avvolgimenti primari e secondari.

È importante da osservarsi che la nuova frequenza ottenibile dipende solo dalla differenza di velocità fra il campo rotante e le spazzole. Conseguenza ne è che, anche facendo girare solamente il collettore colla velocità Ω e tenendo invece ferme le spazzole, si producono gli stessi effetti. Lo schema (fig. 2) dà le disposizioni dei circuiti per questo caso.

Il collettore F è calettato su un albero, e su di questo sono pure calettati altrettanti anelli B quanti sono i segmenti del collettore, che a loro volta sono collegati elettricamente coi singoli anelli. Questi devono essere isolati e fra di loro e dall'albero, e l'avvolgimento chiuso D resta in tal modo collegato al suo collettore mediante l'interposizione dei conduttori 1... 6, facenti capo alle spazzole ferme Z che appoggiano sugli anelli. Con questo sistema, facendo girare l'albero del collettore colle velocità Ω, e tenendo ferme le spazzole appoggiate al collettore, si riproducono gli stessi fenomeni di prima e si ottengono le correnti polifasi convenientemente trasformate in voltaggio, frequenza e numero di fasi.

Desidero però richiamare l'attenzione su un fatto assai importante, che è il seguente:

Perchè le correnti di frequenza trasformata si avvicinino il più possibile alla forma sinusoidale non solo, ma diano anche correnti alternative con costante ampiezza di periodo, è indispensabile che il numero di segmenti dei collettori sia assai grande, o, in altri termini, è necessario che, data una corrente primaria a piccolo numero di fasi, come sono quelle in uso nella pratica, cioè bifasi o trifasi, sia possibile trasformarla prima in una corrente multifase e dopo sul nuovo sistema multifase, che può contemporaneamente o no essere trasformato di tensione, operare la variazione della frequenza.

Ora questa moltiplicazione del numero delle fasi è appunto ottenuta nelle singole spirali elementari del circuito secondario, ed è esclusivamente per questo accoppiamento contemporaneo di trasformazione da me introdotto che il mio sistema può dare buoni risultati. Invece, per la mancanza della contemporanea trasformazione delle fasi e della tensione, un sistema proposto dal professore americano Rowland per

la variazione della frequenza, non può, quando si tratti di correnti primarie bifasi o trifasi, dare buoni risultati, ed in certi casi neanche teoricamente può trasformare la frequenza.

Per chiarire questo punto, ho disegnate nella Tav. II (figure in alto ed in basso) le curve di frequenza trasformata di valore $2n$ e $\frac{n}{2}$, ottenute con un sistema primario trifase di frequenza n; e precisamente le curve segnate in azzurro sono ottenute col metodo Rowland, e quelle segnate in rosso, col mio metodo.

Per non complicare troppo il disegno, mi sono limitato a trasformare il sistema trifase primitivo in un altro con 24 fasi (in pratica occorreranno più curve elementari); ma anche così è chiaro come le curve disegnate in rosso, sia nell'uno che nell'altro caso, sono prossime alla forma sinusoidale ed hanno uguale lunghezza di periodo; ed anche si vede come i tratti verticali delle curve, i quali misurano la differenza di tensione fra un segmento del collettore ed il successivo (o l'antecedente) nell'istante in cui la spazzola passa dall'uno sull'altro, sono assai brevi e di poca importanza.

Col sistema Rowland invece, in cui si dispone solo di tre sinusoidi spostate di 120° (che sono marcate più fortemente nella figura centrale), pel caso di frequenza $2n$ si creano periodi alternativamente di lunghezze 2 e 1 (curva azzurra) e non sinusoidali; pel caso poi di frequenza $\frac{n}{2}$, l'asse centrale anzichè una volta sola è tagliato 4 volte; è perciò evidente che tale curva, non possiede certo la frequenza $2n$. In ambi i casi poi, i tratti verticali delle curve sono assai notevoli, a cui corrisponderà una tale differenza di tensione da produrre scintille colossali al passaggio della spazzola.

Quanto io ho detto finora credo sia sufficiente per dimostrare l'assoluta generalità del principio e come le varie trasformazioni contemporanee possono essere ottenute senza alcuna limitazione da queste macchine, la cui caratteristica fondamentale consiste nella contemporaneità delle trasformazioni: frequenza, tensione e numero di fasi.

Desidero però ricordare che una teoria di un caso particolare di queste trasformazioni, cioè la trasformazione di correnti polifasi di frequenza n e di qualsiasi tensione in correnti continue (ossia di frequenza zero), già nel 1892 fu pubblicata dal signor Giulio Appolloni. Egli però non è partito da considerazioni sintetiche sul campo rotante, ma bensì solo da considerazioni analitiche. Appunto perciò forse egli non ha tenuto alcun conto del verso della rotazione delle spazzole, cosicchè col sistema proposto si ha tanta probabilità di otte-

nere corrente continua quanta se ne ha di ottenere invece corrente alternata con frequenza $2n$, e ciò a seconda, se il campo rotante gira in sincronismo colle spazzole nel loro verso di rotazione, oppure nel senso opposto. E dopo dell'Appolloni, principalmente il Sahulka si occupò della teoria di questo caso speciale. Ma a me pare che egli non solo abbia aggiunto nulla alla teoria che era già stata resa nota dal signor Appolloni, ma abbia peggiorate le condizioni in cui si produrrebbe il fenomeno della conversione, perchè non mantiene costantemente uguale la permeabilità del mezzo in cui il campo rotante gira, o, per essere più preciso, non tutte le spire dell'avvolgimento secondario, producono forze elettromotrici, spostate di fase rispetto alla spira precedente e susseguente.

Così stando le cose, si presenta senz'altro spontanea la domanda quale sia la ragione per cui un apparecchio, così importante e di cui era almeno nota la teoria pel caso di trasformazione di corrente alternata in continua, abbia tardato tanto ad avere una sanzione sperimentale soddisfacente.

Credo di non errare affermando che la ragione sopradetta consista nella mancanza degli organi di regolazione della tensione e di eliminazione delle scintille al collettore. Questi apparecchi sono indispensabili al variatore come per una macchina a vapore, per quanto perfetta, è indispensabile il regolatore. Io ora esporrò quali metodi io abbia seguito e brevettati per ottenere questi due obbiettivi: regolazione della tensione ed eliminazione delle scintille.

La regolazione della tensione di queste macchiue si compone di due operazioni essenziali: la prima di queste è in tutto paragonabile a quanto si fa nelle ordinarie dinamo e negli alternatori che modificano la propria tensione modificando l'intensità del campo di eccitazione; la seconda invece è propria solo di questa macchina, e necessaria pel solo caso in cui si vuole produrre corrente continua, e consiste nella ricerca del piano di commutazione e nella possibilità che le spazzole, una volta che lo abbiano raggiunto, possano seguirlo nei suoi spostamenti dipendenti dalle variazioni di carico sul circuito esterno.

Mi occuperò intanto di questa seconda parte.

Ho già detto che quando si vuole trasformare immediatamente una corrente polifase ad alta tensione in corrente continua a bassa tensione, la velocità del campo rotante e delle spazzole o del campo e del collettore devono essere le stesse. Bisogna però osservare che nello stesso modo come in una dinamo a corrente continua la tensione della corrente varia dallo zero al massimo, a seconda della posizione delle spazzole sul collettore, così anche in questo caso la tensione della cor-

rente continua derivata cambierà a seconda dell'angolo che faranno fra loro il diametro passante per le spazzole e l'asse del campo rotante. Ora, nella pratica, è sempre richiesta la produzione di una corrente continua con una tensione che deve sempre essere la stessa ed uguale al massimo che può fornire l'avvolgimento indotto. Perchè quindi il sistema proposto possa rispondere alle esigenze pratiche, è necessario che, dato qualunque angolo al principio del movimento fra il diametro delle spazzole e l'asse del campo rotante, sia sempre possibile di portarlo a quel determinato valore richiesto.

Se la macchina sarà costruita secondo lo schema della fig. 2, in cui le spazzole sono ferme ed il collettore è in moto, per ottenere questo effetto è sufficiente che il portaspazzole sia così fatto da permettere alle spazzole una rotazione di qualsiasi angolo attorno al collettore. Allora chiusi i circuiti dell'apparecchio e messo in rotazione sincrona il collettore cogli anelli, si fanno spostare le spazzole fino a che il voltmetro a corrente continua indicherà raggiunto il voltaggio voluto. Allora non si moveranno più le spazzole, il collettore seguiterà a girare sincronamente e la corrente manterrà quel voltaggio, fatta astrazione dalla reazione d'indotto. Questa regolazione sarebbe come si vede, assai semplice, ma debbo però dire che il sistema del collettore rotante cogli anelli secondo lo schema della fig. 2 ha in sè inconvenienti molto notevoli e che lo rendono poco pratico. Esso però può diventarlo qualora sia modificato nel modo come più avanti esporrò.

Passiamo ora al caso della regolazione delle spazzole rotanti che rappresentava certo la parte più difficile ed elegante del problema.

Si tratta infatti di aver modo di spostare anche di un solo millimetro la posizione relativa di un sistema di spazzole assolutamente inaccessibile perchè in rotazione velocissima.

I sistemi che si hanno a disposizione sono tre, e tutti corrispondono perfettamente allo scopo.

Il primo è del tutto meccanico, il secondo meccanico-magnetico, il terzo elettrico-magnetico.

Il sistema del tutto meccanico di cui una rappresentazione schematica si ha della fig. 3, si basa sulle considerazioni seguenti:

Uno qualunque degli organi che trasmettono il moto dal motore sincrono alle spazzole rotanti, viene calettato all'organo da cui riceve il moto, non mediante una bietta ordinaria, ma mediante un sistema di vite e di madrevite aventi il passo molto lungo. Fino a che si impedisce sia alla vite che alla madrevite qualsiasi spostamento rettilineo nella direzione del loro asse comune, il sistema di collegamento

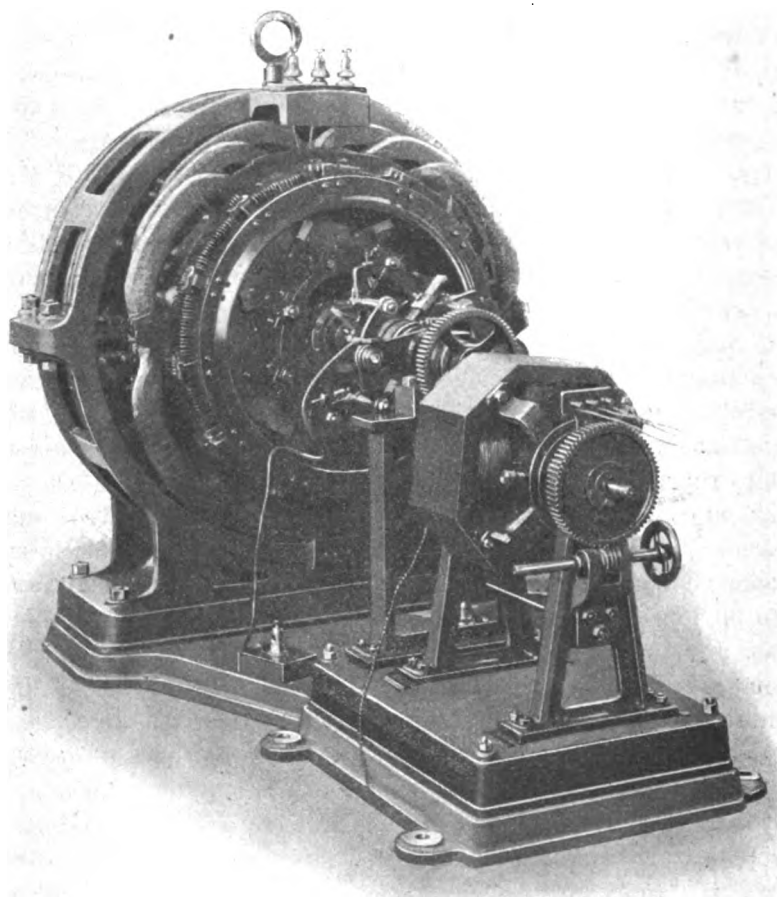
è rigido come un ordinario attacco con bietta, e perciò le spazzole ruoteranno in sincronismo col motore. Invece, se anche durante il moto sincrono, si imprime una translazione assiale ad uno dei due organi, per esempio alla vite, e contemporaneamente si impedisce all'altro qualsiasi translazione, è evidente che quest'ultimo è costretto a compiere un giro intiero attorno all'asse, nel medesimo tempo impiegato dal primo a spostarsi di una lunghezza uguale al passo della vite, e ciò indipendentemente dal moto di rotazione sincrona da cui i due organi sono animati. Conseguenza di ciò è che con questo movimento relativo, regolando convenientemente lo spostamento assiale, si può far raggiungere alle spazzole la posizione che si vuole, e quindi anche quella della tensione massima e di minore scintillamento.

La fig. 3 rappresenta schematicamente questo sistema di regolazione. Manovrando il volantino che si vede in basso si sposta il motore ed il suo rocchetto essendo impedito di accompagnarlo nello spostamento, è costretto a variare la posizione relativa delle spazzole rotanti, che così possono essere regolate. Qualora non si voglia spostare il motore, è sufficiente infilare sul suo albero un manicotto che possa scorrere longitudinalmente, guidato da una bietta a sezione rettangolare. Il manicotto porterà sulla superficie cilindrica esterna la vite a passo lungo, ed il movimento sarà trasmesso al solo manicotto, facendolo scorrere lungo la bietta rettangolare.

Il secondo metodo meccanico-magnetico è basato su quanto segue: Si costruisca il motore sincrono che fa muovere le spazzole in modo che anche la parte del circuito magnetico, la quale normalmente è fissata alle fondazioni, possa invece a volontà essere fatta ruotare di qualsiasi angolo attorno all'asse della parte in moto. Con questa nuova rotazione si altera momentaneamente la condizione di sincronismo di tale motore, ed allora la sua parte rotante spontaneamente accelererà o ritarderà il suo moto per modo da percorrere lo stesso spazio angolare che ha percorso la parte normalmente mantenuta fissa. La ragione di questo fatto è chiara, se si pensa che solo in questo modo il motore può raggiungere di nuovo il sincronismo da cui era stato portato fuori. Ne segue che le spazzole, solidali col motore, potranno anche durante il loro moto, essere regolate a volontà con un movimento rapido o micrometrico.

Quando il voltmetro a corrente continua segnerà la tensione voluta, si cesserà di far muovere la parte esterna del motore sincrono, le spazzole seguiteranno a girare sincronamente e si raccoglierà così la corrente continua col voltaggio richiesto. Perchè questa regolazione però mantenga il suo effetto, è necessario che la parte esterna, la

quale può essere o no fatta ruotare, possegga un freno potente che agisca a regolazione raggiunta e le impedisca di ruotare sotto la reazione che la parte in moto esercita sempre sulla parte fissa. Questo freno è perciò un organo indispensabile.

La macchina già costruita e di cui avete una incisione dedotta da una fotografia, ha appunto questo sistema di regolazione che funziona molto bene.

Descriverò infine brevemente il terzo modo di regolazione della posizione delle spazzole rotanti. Con esso, mediante la semplice manovra di un reostato, si raggiunge lo scopo, e cioè con tale manovra si produce elettricamente lo spostamento della direzione del campo del motore sincrono, il quale spostamento, nel sistema prima esposto si ottiene, facendo girare meccanicamente la carcassa del motorino.

Per ottenere questo risultato ho cambiato la forma del sistema magnetico induttore del motore sincrono e l'ho sostituito con un altro induttore di un motore asincrono bifase, il quale abbia lo stesso numero di coppie di poli quante ne dovrebbe avere il motore sincrono. La fig. 4, che come si vede, è a 8 espansioni polari, rappresenta appunto l'induttore bifase destinato a sostituire un induttore di motorino sincrono a 4 poli. In esso ogni fase, che però sarà sempre percorsa da corrente continua, deve avere tante spire quante basterebbero a fornire da sola l'eccitazione a tutto il motore sincrono. Risulta chiaro che quando si ecciti solo una fase, e l'altra invece non sia percorsa da corrente, la direzione del campo sarà determinata unicamente dalla prima fase, come si trattasse di un motore sincrono a 4 poli.

Ma se ora, mediante opportuna resistenza, si fa diminuire l'intensità della corrente che passa nella prima fase, e si fa percorrere la seconda da una corrente che cresce mentre la prima diminuisce, e se ancora, i valori e le direzioni delle correnti continue che percorrono contemporaneamente le due fasi, si mantengono proporzionali alle ordinate aventi medesima ascissa di due sinusoidi spostate di 90°, allora il campo manterrà costante la sua intensità, ma la sua direzione si sposterà. Questo è chiaro, perchè è noto che due spirali spostate di 90° l'una dall'altra, allorchè sono percorse da correnti spostate di fase di 90°, producono un campo rotante e che ogni posizione del campo rotante è dovuta a correnti che percorrono le due fasi, i cui valori istantanei sono proporzionali in valore ed in segno al seno ed al coseno dell'angolo che tale direzione istantanea del campo rotante fa con una direzione mantenuta fissa. È pure evidente che il campo rotante si arresterà e diventerà perciò un campo costante, nella posizione in relazione cogli ultimi valori fatti assumere alle correnti continue che percorrono le fasi, purchè questi corrispondano in intensità e direzione ai valori contemporanei assunti dalle ordinate di due sinusoidi spostati di 90°.

Questa variazione dei valori e delle direzioni delle due correnti continue si ottiene in modo regolare ed uniforme mediante reostati ed invertitori, coi quali è sempre possibile fare assumere alle correnti continue che percorrono le due fasi, una successione di valori identici a quelli che in tempi successivi assumono le ordinate della sinusoide e cosinusoide. In tal modo la direzione del campo del motore sincrono potrà farsi coincidere con qualsiasi posizione, ed è perciò possibile, manovrando i reostati ed invertitori suddetti, di ottenere la regolazione delle spazzole rotanti; e ciò per la solita ragione che la parte rotante del motore sincrono aggiunge al suo moto, il moto che si è impresso al campo eccitatore.

Ho costruito i due reostati, che devono far variare l'intensità nelle due fasi, in modo da essere comandabili con un solo manubrio, il quale provvede anche alla manovra dei due invertitori nei momenti opportuni, in cui le due correnti devono invertirsi con spostamento di 90°. Non mi dilungo sulla discrezione particolareggiata di questo reostato nè del motore rappresentato nelle figure 4-5-6, ma dato che si presenti l'occasione, desidero far osservare che nello stesso modo come col reostato speciale e col motore sincrono speciale, si può con una corrente continua produrre un campo rotante, inversamente, dato un campo rotante dovuto a correnti alternate si può portar fuori dai morsetti del reostato una corrente continua, purchè il manubrio M sia fatto ruotare con velocità doppia della frequenza della corrente alternativa; e che ancora, sostituendo all'indotto del motore sincrono una calamita permanente, si può, mediante il reostato, costituire un sistema di trasmissione di segnali a distanza perchè la posizione che assumerà la calamita nel motore sarà sempre in relazione colla posizione del manubrio M sul suo quadrante. Questa però non è che una parentesi sull'argomento principale a cui conviene ritornare. Coi tre metodi di regolazione esposti io considero abbondantemente risolta la questione di regolare le spazzole rotanti che per questa macchina era argomento vitale. Voglio aggiungere che le spazzole rotanti sono da me costruite in modo da essere perfettamente equilibrate relativamente alla forza centrifuga e che perciò la pressione sul collettore si mantiene costante qualunque sia la loro velocità.

Una miglioria assai importante ho però introdotto, dopo le ultime esperienze, e consiste in un congegno assai semplice che permette di alzare od abbassare le spazzole rotanti sul collettore indifferentemente se in riposo o in moto. Tralascio di descrivere minutamente perchè mi dilungherei oltre i limiti di tempo di una semplice Lettura e non vorrei abusare della vostra cortese attenzione. Dirò solo che l'apparecchio di alzamento delle spazzole è indispensabile ai variatori di corrente, che, usati in piccoli impianti, debbono promiscuamente fornire corrente alternata della frequenza normale e corrente continua per circuiti di lampade ad arco o per batterie di accumulatori o per motori. Infatti, quando la corrente continua non sarà richiesta e che perciò le spazzole starebbero ferme, se fossero anche solo appoggiate sul collettore, chiuderebbero costantemente in corto circuito due o più lamelle sprecando un'energia inutile non solo, ma riscaldando in modo non conveniente la spazzola stessa. Invece, alzate che siano, questo non succederà affatto e la rete secondaria a corrente alternata, la quale ha le sue prese su determinati morsetti fissi, attaccati direttamente

sul circuito secondario, potrà funzionare normalmente. Se poi, così stando le cose, occorrerà anche la corrente continua, senza che si debba interrompere il funzionamento della rete a corrente alternata, basterà avviare in sincronismo il motorino, il quale vi si porterà più facilmente avendo le spazzole alzate. Raggiunto il sincronismo, si abbassano le spazzole sul collettore e si raccoglierà anche la corrente continua.

Inoltre, l'apparecchio che permette di abbassare ed alzare le spazzole rende possibile il ricambio di qualsiasi spazzola, senza che si debba interrompere il passaggio della corrente sul circuito esterno. Ed ecco come. Nella fig. 7 rappresenti V_0 in modo assai schematico i due circuiti primari e secondari del variatore. Due collettori identici, C_1 e C_2, sono collegati in parallelo coi fili I... VI che provengono dal circuito secondario del variatore. I fili I... VI possono avere qualsiasi lunghezza e anche essere raccolti in un piccolo cavo.

Tanto le spazzole A B, che le spazzole C D, sono mosse rispettivamente da due piccoli convertitori uguali, ma indipendenti fra loro e che nella figura non sono segnati. Nella posizione disegnata in figura le spazzole A B del collettore C_1 sono abbassate e funzionano normalmente mediante il loro motorino sincrono. Invece le spazzole del collettore C_2 sono rialzate, ed il loro motorino è fermo. In tale condizioni il collettore C_2 col suo motore rappresenta solo una riserva e la corrente passa al circuito estèrno I_8 I_9 mediante i fili I_4 I_5 e le sbarre S_1 e S_2. Si voglia ora ricambiare, ad esempio, la spazzola A; allora si metterà in moto il motorino delle spazzole C D, il quale si porta in sincronismo; dopo ciò si abbassano le spazzole sul collettore C_2 e si verifica mediante il voltmetro V se la loro tensione è uguale a quella fra le spazzole A B. Nel caso che ciò non sia, mediante i metodi di regolazione già esposti si agisce sul motorino delle spazzole C D, finchè fra le spazzole stesse vi sia la stessa differenza di potenziale e la stessa polarità che fra A B. Ciò fatto si possono chiudere gli interruttori T_1 T_3 e da questo istante i due collettori funzionano in parallelo sul circuito esterno. Dopo si possono aprire gli interruttori T_2 T_4, si possono alzare le spazzole A B e fermarne il loro motorino; cosicchè si può ricambiare o riparare qualsiasi spazzola senza che il funzionamento sia stato minimamente alterato, perchè la corrente ora passa dalle spazzole C D.

Quanto ho detto, però, vale pel caso in cui si raccoglie corrente continua; quando invece si raccoglie corrente alternata con frequenza diversa dalla primaria, è sufficiente osservare colle lampadine di fase e prima della chiusura dell'interruttore T_1 T_3 se le tensioni fra le

spazzole A B e C D sono o non in fase, e se non lo fossero, si riducono in fase regolando convenientemente le spazzole. Dopodichè si chiudono i circuiti e si prosegue nel modo indicato nel caso precedente.

Dall'esperienza che io ho già fatto in questa costruzione, cosa che del resto si comprende facilmente anche dalla teoria, ho potuto constatare che il funzionamento è tanto migliore quanto maggiore è il numero dei segmenti del collettore. Ora, per macchine di grandi potenze e che sarebbero per necessità multipolari, dovrebbe venire applicato un collettore di parecchie centinaia di lamelle.

Sapendosi che il collettore è la parte più delicata della macchina, e che aumenta assai di prezzo man mano che cresce il numero degli elementi, rappresenta senza dubbio un notevole miglioramento una costruzione che permette di ricorrere a collettori con diametri moderati, anche nel caso di macchine assai potenti e con qualsiasi numero di coppie di poli.

Questo risultato io l'ottengo, però, molto semplicemente. È sufficiente tener presente come si distribuisce il potenziale sui segmenti di un collettore di un indotto di dinamo multipolare a corrente continua, con avvolgimento tanto in serie che in parallelo.

In tale collettore, la scala completa del potenziale è ripetuta tante volte quanto sono le coppie di poli, e quindi i segmenti che si trovano spostati fra di loro di un angolo uguale ad un completo passo polare, hanno lo stesso potenziale.

Ora, osservando che il collettore è un organo, nel variatore di corrente, meccanicamente del tutto indipendente dall'indotto, cosa che invece non è nella dinamo, basterà, per ridurlo di diametro, di distribuire su una circonferenza intiera i segmenti di esso che prima corrispondevano ad un passo polare, e poi su di esso mantenere in rotazione le spazzole colla stessa velocità periferica di prima. In altre parole, data una macchina ad N coppie di poli, è sufficiente costruire per essa un collettore, che chiamerò per semplicità bipolare, cioè riunito solo alle spire di un passo polare e quindi di pochi elementi, purchè su di esso le spazzole ruotino con velocità N volte maggiore di quello che farebbero se si trattasse di un collettore normale.

La fig. 8 rappresenta appunto il collettore bipolare per un indotto a 4 coppie di poli con avvolgimento in serie e 38 fili; il collettore così invece di 19 elementi ne ha solo 5, purchè le spazzole girino 4 volte di più.

La costruzione del collettore ridotto è identicamente applicabile al caso in cui le spazzole stanno ferme e il collettore gira (fig. 2), ed anzi solamente questa costruzione può rendere pratico questo secondo sistema di cui avevo tralasciato di dire gli inconvenienti.

Infatti, basterebbe immaginare un collettore con 400 lamelle, montato su un albero su cui fossero infilati 400 anelli con le relative 400 spazzole di frizione, per prevedere quale forma assolutamente non pratica sia dal lato meccanico, sia dal lato elettrico, verrebbe ad assumere un tale organo.

Invece, se le 400 lamelle colla costruzione sopraesposta potranno essere ridotte a 40 (ammesso si trattasse di un campo rotante a 10 coppie di poli), la cosa cambia notevolmente aspetto, e se per dippiù, gli anelli vengono sostituiti da dischi assai sottili pescanti in contatti a liquido, oppure riceventi la corrente da contatti striscianti sulle faccie laterali, come io ho fatto, il sistema può in certi casi venire convenientemente adottato.

Quanto io ho detto finora, riguarda però solo la prima parte della regolazione di questa macchina. Se il variatore di corrente fosse, ad esempio, destinato alla produzione di corrente per illuminazione, si vorrà certamente che mantenga il voltaggio costante per carico variabile, qualunque sia la reazione d'indotto; se invece sarà destinato alla carica degli accumulatori, dovrà essere tale da poter aumentare questo voltaggio col procedere della carica. Occorre perciò un secondo sistema sussidiario che possa dare alla macchina una tale elasticità da renderla affatto indipendentemente dalle variazioni del carico.

Procedendo per analogia, ed osservando il funzionamento della dinamo in cui questi effetti si ottengono variando l'eccitazione, ho concluso che anche in questo caso, variando l'eccitazione si può avere lo stesso risultato.

Però, nel variatore di corrente, il campo di eccitazione è senz'altro il campo rotante prodotto dalle correnti primarie, cosicchè il modo più comodo e pratico per variarne l'intensità, consiste nel modificare la tensione ai morsetti della macchina.

Perciò è sufficiente inserire sui fili primari bobine di reazione tali che, nel caso in cui si voglia mantenere costante il voltaggio, possano determinare, allorchè sono percorse dalla corrente a vuoto dell'apparecchio, una caduta di voltaggio identica a quella che produrrà la macchina a pieno carico e colle bobine escluse.

La reazione delle bobine sarà regolata mediante la maggiore o minore penetrazione dei loro nuclei; regolando la posizione dei nuclei, per qualsiasi intensità si potrà mantenere il voltaggio costante. In modo analogo si può procedere quando si tratti di aumentare il voltaggio durante la carica degli accumulatori, ed ho anche brevettato un sistema per ottenere automaticamente lo spostamento dei nuclei nelle bobine.

Mi rimane ancora a dire dei modi adottati per eliminare le scintille. Per tutte le macchine a collettore la questione delle scintille è argomento vitale; il metodo da me trovato per eliminarle può essere applicato, non solo alle mie macchine, ma a qualsiasi altra. Dovrei veramente non tacere di due metodi pure da me proposti per la eliminazione delle scintille, fondati sull'uso di doppie spazzole collegate a bobine induttive o a piccole batterie di voltametri; ma perchè i soddisfacenti risultati che ho ottenuti con essi sono stati di gran lunga superati da quelli avuti, ricorrendo ad un sistema semplicissimo recentemente da me trovato e col quale nelle prove fatte finora sono sempre riuscito a togliere le scintille, per brevità dirò solo di quest'ultimo.

La fig. 9 spiega chiaramente in che consistano le nuove spazzole. Esse sono di carbone ed hanno esternamente un involucro isolante incombustibile del tutto aderente alle pareti laterali, per modo che, non solo all'aria resta preclusa ogni via per giungere alla superficie di contatto, ma anche lo spazio, in cui avverrebbe normalmente la scintilla, è sempre riempito di materiale isolante. Naturale conseguenza è che la scintilla non trovando spazio, non può neppure formarsi, e l'energia, che sarebbe dissipata sotto forma di scintilla fra i due punti dove questa scoccherebbe, sarà invece dispersa più uniformemente ed in forma non dannosa su tutto il circuito.

La figura è sufficientemente chiara e non occorrono maggiori delucidazioni.

Così ho terminato l'esposizione dei congegni e delle parti sussidiarie mediante le quali mi fu possibile ottenere risultati praticamente industriali.

Nella tabella, che pubblichiamo in fine della presente Lettura, sono appunto riportati i risultati di esperienze fatte a Milano con gentile consenso della spettabile Società Edison nel Laboratorio di prove della Società stessa; in queste prove la macchina fu caricata solo fino a 14 kw., cioè un quarto della potenza, e si ottenne così un rendimento di circa 86 0|0 senza motorino e 80 0|0 circa col motorino compreso. Naturalmente man mano che aumenta la potenza, l'influenza del consumo del motorino diventa sempre minore, cosicchè per unità molto grandi si potrebbe fare astrazione dal motorino.

Da quanto la teoria spiega e da quanto l'esperienza dimostra, il rendimento di questa macchina è dell'ordine dei trasformatori e la loro influenza sullo spostamento di fase nella rete è molto minore che quella dovuta ai motori ad induzione, essendo nullo l'interferro. Infatti, ad un quarto di carico, il cos φ è già circa 0,70.

Ed ora che ho esposto per sommi capi la teoria della macchina in sè e descritto gli accessori indispensabili, desidero concludere questa mia Lettura passando in rassegna le principali applicazioni che dell'apparecchio stesso si potranno fare con vantaggio notevole dell'industria.

Gli ordinari impianti di distribuzione di luce dovrebbero essere i primi ad applicarlo con vantaggio grandissimo, perchè avrebbero modo di caricare con pochissima perdita una batteria di accumulatori di riserva per le ore di maggior consumo e sopratutto per poter sopperire con sicurezza alle richieste saltuarie ma importanti, fatte da teatri, riunioni, ecc.

Se si tien conto che l'apparecchio a spazzole alzate funziona come un ordinario trasformatore, si può ben dire che anche la produzione di corrente continua a rendimento così elevato rappresenterà d'altra parte una spesa d'impianto minima costituita da un piccolo collettore e dal suo motorino.

Ma se i piccoli impianti saranno forse i primi in ordine di tempo a fruire del variatore, vantaggi ancora più notevoli ne trarranno i grandi, ai quali è necessario produrre corrente continua e per la trazione tramwiaria e per la carica degli accumulatori e per l'illuminazione stradale colle lampade ad arco.

Io voglio ammettere che i sistemi attuali rappresentino una spesa d'impianto uguale a quella che si farebbe installando dei variatori, ipotesi però ben lungi dal vero, se si tien conto che questi ultimi sono assai più semplici, di costruzione meno accurata, ed infine si tratta di una macchina sola invece di due. Mi limiterò invece a confrontare il rendimento del variatore con quello dei gruppi che oggi tengono il campo, cioè il motore-generatore, ed il trasformatore-converter.

Un motore-generatore, sia pure di grande potenza, ha un rendimento complessivo dell'84,6 0/0. Un gruppo trasformatore-converter, ha un rendimento certamente migliore che può giungere al 90,7 0/0. Noto che queste cifre non sono mie, ma dello Steinmetz.

I grandi trasformatori statici infine hanno un rendimento fra il 97 e 98 0/0, e come media il 97,5 0/0. Orbene, un variatore ben calcolato e di grande potenza, può avere al massimo il 0,5 0/0 in meno di rendimento di un trasformatore, e ciò a causa del lavoro delle spazzole; quindi il suo rendimento a pieno carico sarà il 0,97 0/0.

Per fare un esempio, ammettiamo che ad una grande ma non grandissima installazione occorrano 5000 kw., sotto forma di corrente continua. Se si adopereranno variatori invece dei motori-gene-

ratori, il maggior rendimento sarà di circa il 13 0/0, che rappresenta un'economia di 880 cavalli effettivi. Se invece il variatore dovesse sostituire dei gruppi di trasformatori-converter mantenendo l'ipotesi fatta prima, il miglior rendimento sarà solo del 5,3 0/0, pari ad un risparmio di 350 cavalli.

Nei riguardi della trazione elettrica, applicazione ancora più importante potrà avere il trasformatore di corrente se posto direttamente sulle locomotive elettriche e destinate a produrre corrente alternata con frequenza variabile pei motori della locomotiva, qualora questa abbia motori ad induzione, oppure produrre corrente continua qualora i motori siano di quest'ultimo tipo.

Per tal caso il variatore può assumere una forma assai comoda potendo essere diviso in due parti distinte collegate da un cavo; e cioè, quella ad alto potenziale col circuito secondario che costituisce la parte pesante e che potrà essere collocata sulla vettura o locomotiva elettrica, là dove sarà meno d'incomodo e d'ingombro per l'economia dello spazio, e quella formata dal collettore col piccolo converter che sarà collocata prossima ed in vista del manovratore.

I sistemi di trazione ferroviaria perciò, con variatore di corrente sulle vetture motrici, potranno gareggiare coi sistemi di trazione oggi in uso.

È poi un fatto da notarsi che gli impianti ad accumulatore e l'illuminazione stradale con lampade ad arco dovranno avere un forte incremento dalla introduzione su vasta scala di questo economico apparecchio.

Il campo di azione di queste macchine, come si vede, è quindi assai vasto e assai notevoli sono i vantaggi che l'elettrotecnica ne potrà ricavare. E dato l'interessamento che da alcuni di voi mi fu dimostrato dopo l'esito felice delle mie esperienze, mi è parso conveniente richiamare su quanto io ho detto in questa Lettura, la vostra attenzione, e di questa, così cortesemente prestatami, infinitamente io vi ringrazio.

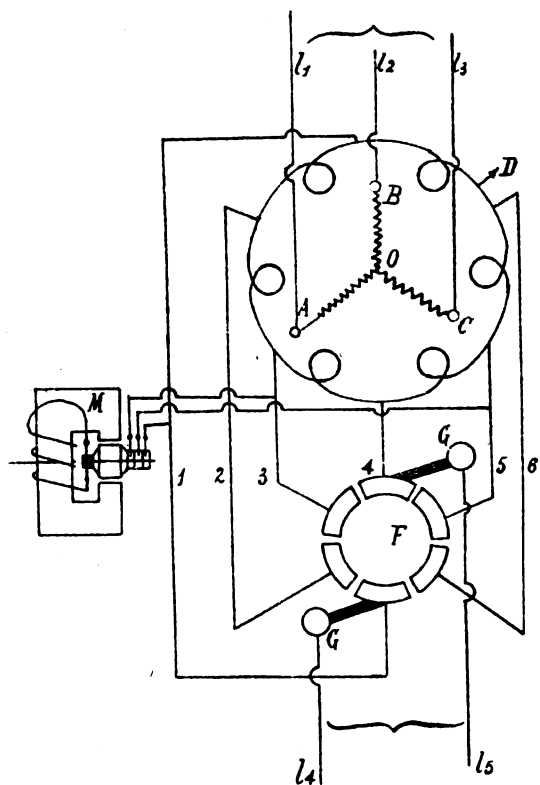



Fig. 1
Fig. 3
Fig. 9
Fig. 2

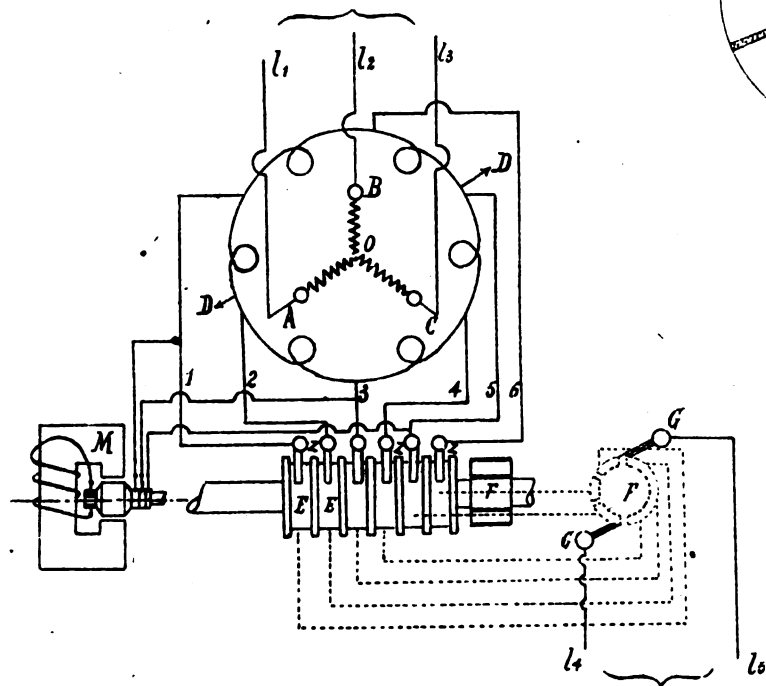
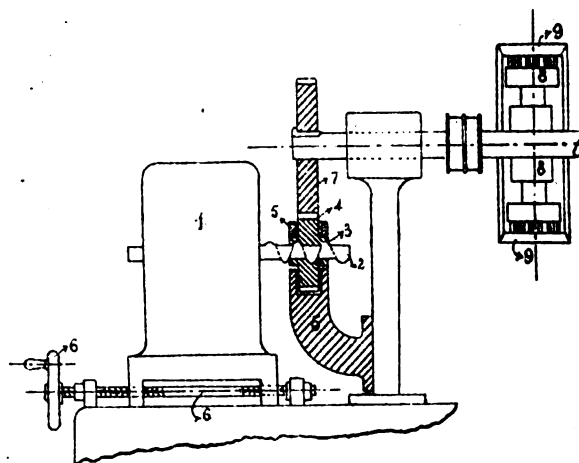
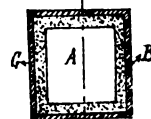
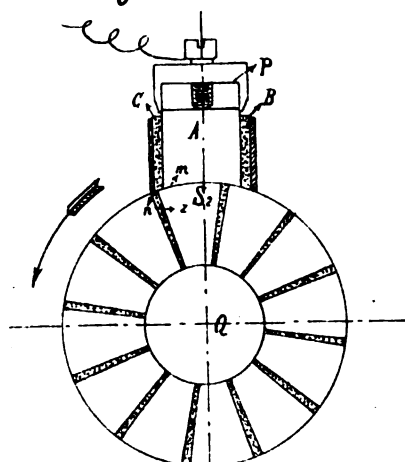
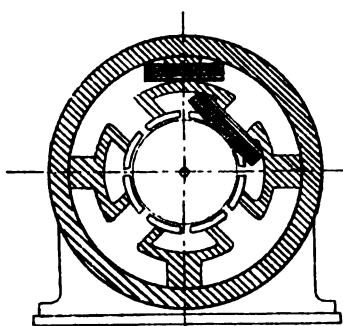
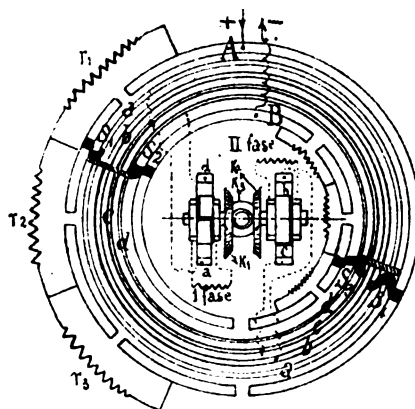
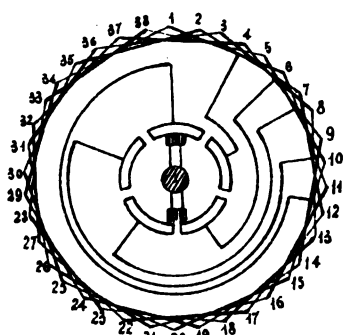
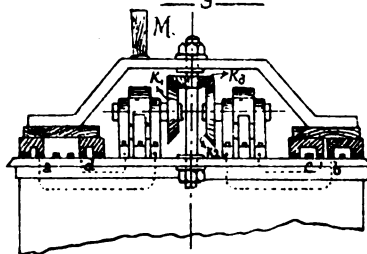
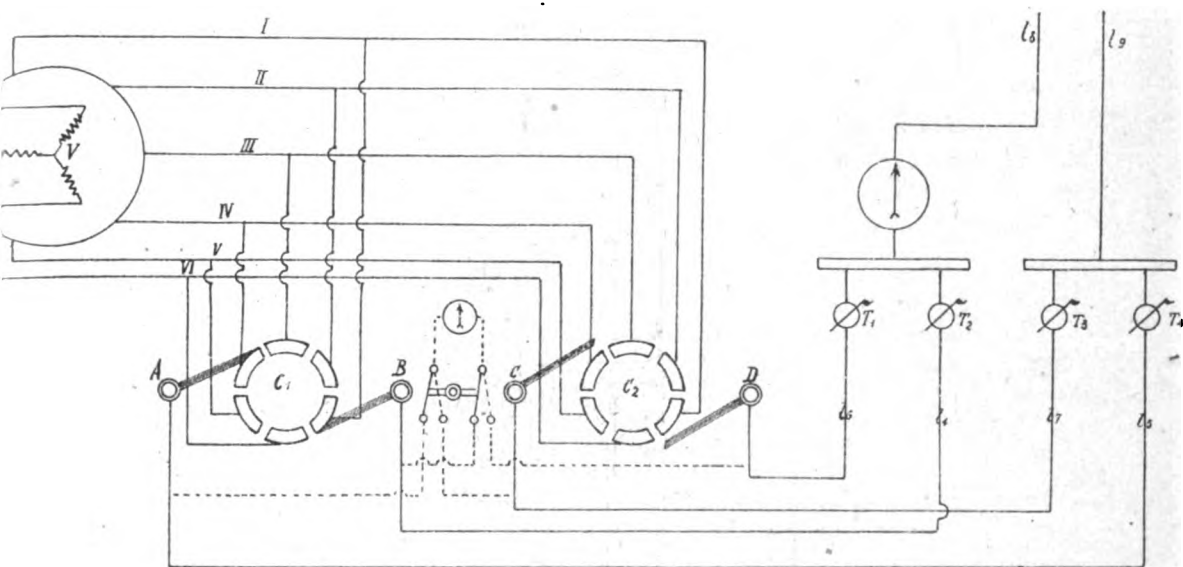
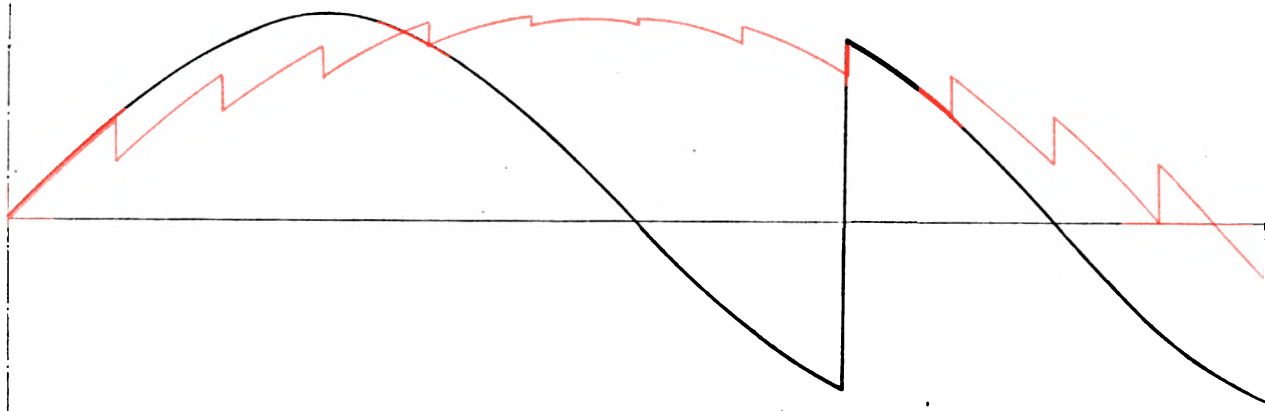
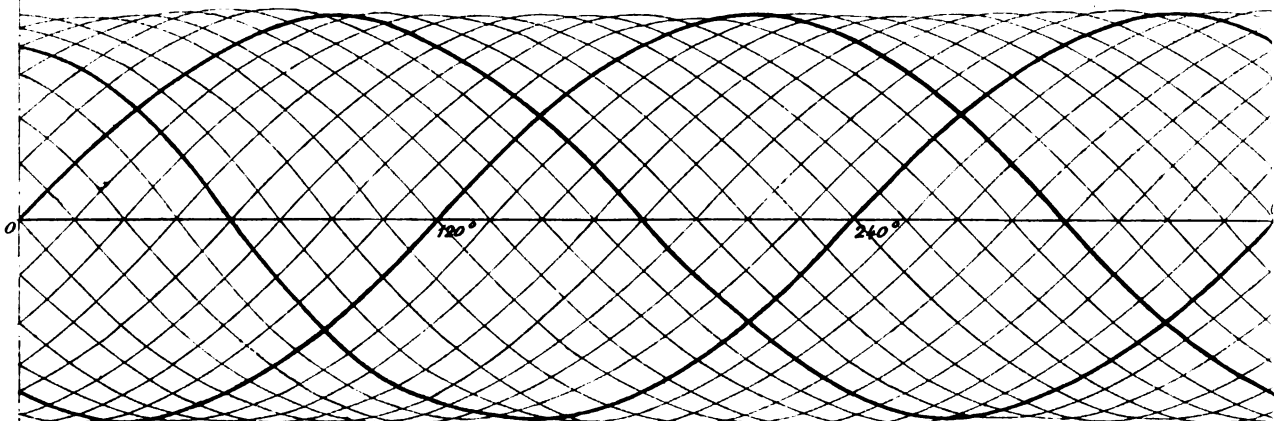
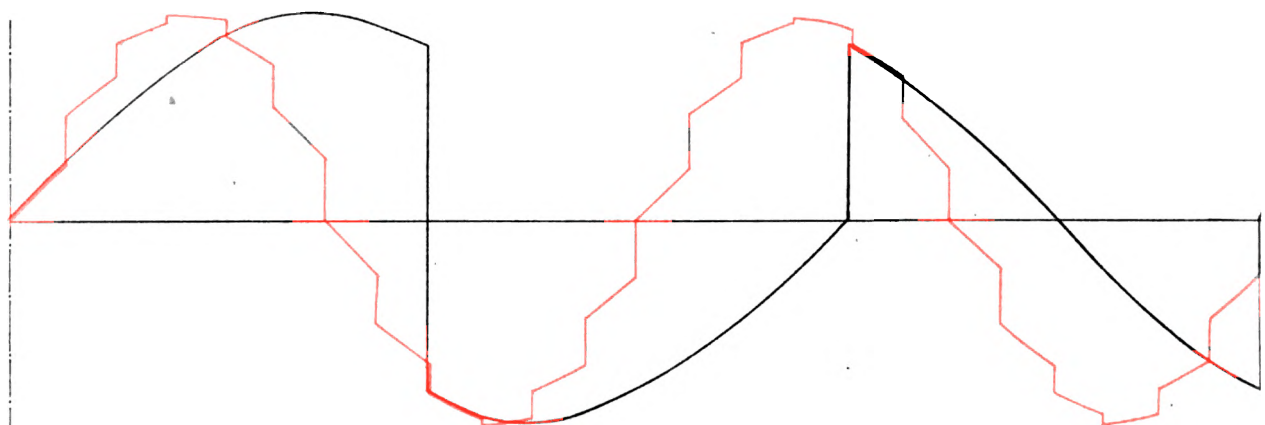
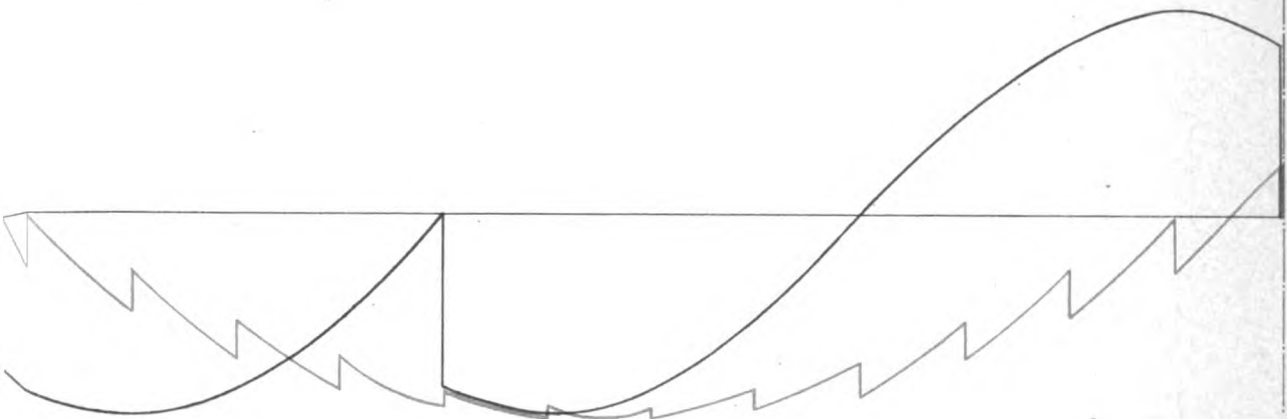
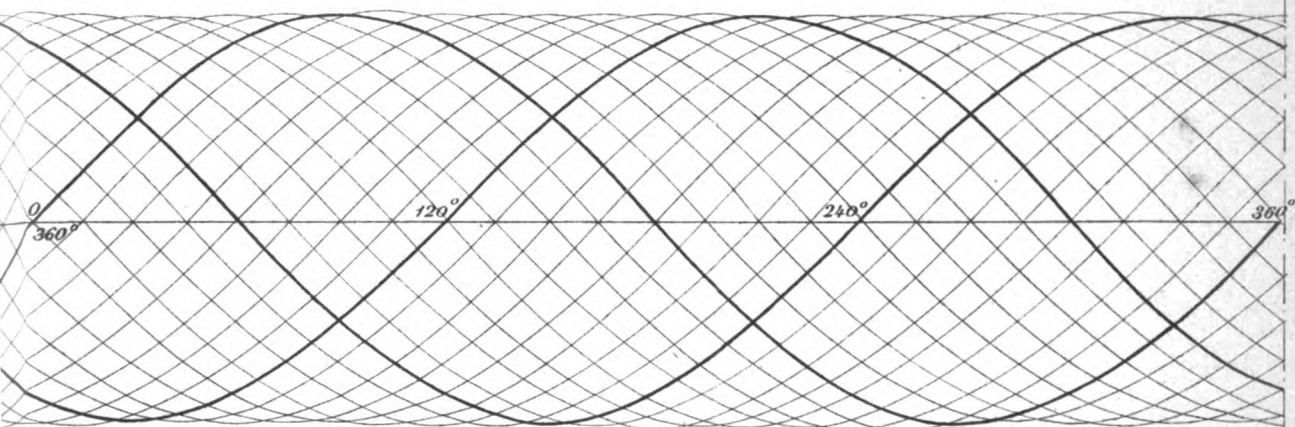
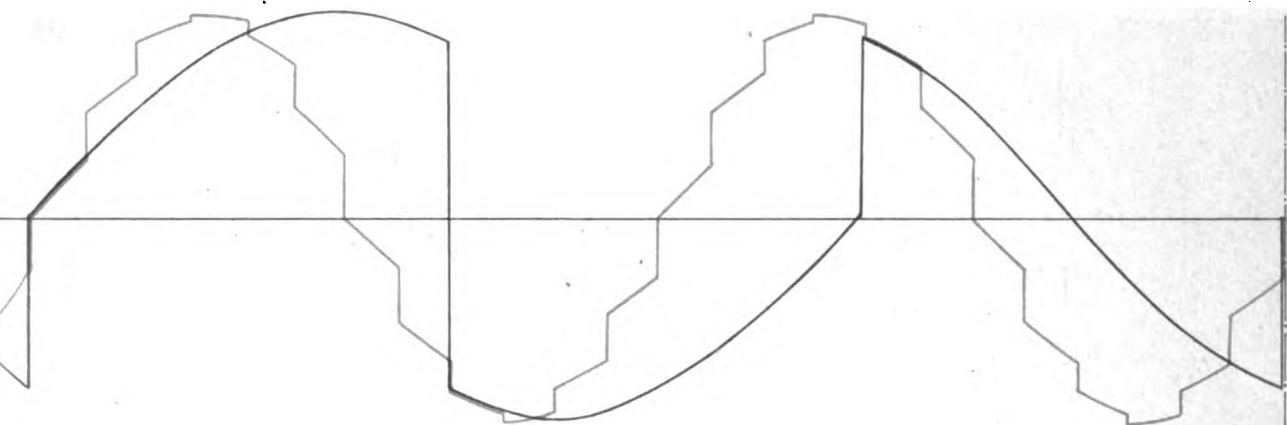



Fig 4
Fig. 5
Fig 6
Fig. 7
Fig. 8
I fase
II fase
M.

. Curva fre

Curva fre

Sistema Sacerdote

" Rowland

frequenza 2n

frequenza $\frac{n}{2}$

Risultati delle esperienze di rendimento eseguite sulla macchina " Variatore di corrente „ dell'Ing. Secondo Sacerdote nel Gabinetto di prove della spettabile Società Edison in Milano.

	Corrente alternata							Corrente continua			Rendimenti			
Letture	Volt	Amp.	W_1	W_2	$W_1 + W_2$	Kil. V — A	cos φ	Volt	Amp.	W_c	η_1	Mot.	W_t	η_2
1ª	2164	3,50	7020	640	7660	13104	0,585	344	18,0	6192	0,809	Watt da 1050 a 1100 con cos φ 0,50. Eccitazione da 0,6 a 0,4 Amp. a 56 volt. Come media 1100 Watt	8770	0,707
2ª	2221	3,52	7120	690	7810	13524	0,575	343	18,0	6174	0,790		8910	0,690
3ª	2195	3,65	7680	1110	8790	13859	0,632	340	21,5	7310	0,832		9890	0,738
4ª	2200	3,68	7680	1120	8800	14006	0,628	340	21,7	7378	0,838		9900	0,745
5ª	2205	3,87	8100	1280	9380	14760	0,638	336	23,5	7896	0,842		10480	0,753
6ª	2205	3,90	8100	1290	9390	14875	0,632	336	23,8	7997	0,851		10490	0,762
7ª	2195	4,16	8720	1540	10260	15785	0,648	330	26,5	8745	0,852		11360	0,769
8ª	2205	4,16	8760	1590	10350	15866	0,656	330	26,5	8745	0,843		11450	0,764
9ª	2185	5,50	11650	2620	14270	20790	0,686	304	40,0	12160	0,852		15370	0,791
10ª	2195	5,46	11420	2500	13920	20731	0,670	808	38,5	11858	0,852		15020	0,790
11ª	2185	5,10	10800	2180	12980	19278	0,673	306	36,0	11016	0,848		14080	0,782
12ª	2205	5,10	10800	2160	12960	19451	0,665	310	35,8	11098	0,856		14060	0,788
13ª	2195	4,84	10200	1860	12060	18377	0,660	310	33,0	10230	0,848		13160	0,776
14ª	2195	4,84	10280	1860	12140	18377	0,660	310	33,0	10230	0,842		13240	0,772
15ª	2226	2,45	3700	— 1830	1870	9435	0,198	363	0,0	—	—		2970	0
16ª	2226	2,55	3700	— 1850	1850	9820	0,190	363	0,0	—	—		2950	0
17ª	2216	3,00	5800	— 170	5630	11502	0,490	353	11,4	4024	0,714		6730	0,598
18ª	2236	3,02	5880	— 130	5750	11663	0,490	353	11,4	4024	0,660		6850	0,587

Osservazioni. — *La macchina si mantiene fredda e senza scintille.*

Firmato: Ing. Guido Semenza.

N. 51.

Associazione Elettrotecnica Italiana

NECROLOGIO

ARISTIDE CARAMAGNA

Il 6 novembre corrente, dopo breve malattia, moriva di peritonite l'ing. **Aristide Caramagna,** Consigliere della Sezione di Torino.

Il nostro compianto Collega era nato in Torino il 17 giugno 1865, ed in questa Scuola d'Applicazione per gl'ingegneri conseguì, fra i primissimi del suo corso, la laurea d'Ingegnere civile nell'estate del 1888, seguendo l'anno successivo il corso di elettrotecnica del prof. Galileo Ferraris, che lo annoverava fra i suoi prediletti allievi e lo approvava all'esame di idoneità colla massima votazione di 100/100.

Il sommo maestro avrebbe desiderato l'ing. **Caramagna** quale suo assistente; ma questi, anelando alla vita pratica dell'ingegnere, ne declinò con rammarico le lusinghiere offerte, passando subito al servizio della Società delle Ferrovie Meridionali.

Avendo dato, in pochi mesi di lavoro presso questa Società, prova di grande attività e di non comune perizia, fu chiamato allo studio e direzione di costruzioni ferroviarie in Sicilia, Sardegna, e più tardi in Ungheria, dalla rinomata Impresa Marsaglia.

In questi lavori, che durarono dal 1890 al 1896, il nostro rimpianto Collega ebbe campo di farsi apprezzare per la somma

abilità e prontezza con cui sapeva disegnare e calcolare ogni opera d'arte relativa alle costruzioni ferroviarie; mentre nell'esecuzione dei lavori riuniva ogni più scrupolosa e diligente esigenza ad una inalterabile serenità e gentilezza nei rapporti diuturni col numeroso personale da lui dipendente.

Terminati gl'impegni coll'Impresa Marsaglia, l'ing. **Caramagna** ritornò in Patria, onde realizzare il suo grande ideale ed assecondare le proprie aspirazioni, e fondò qui in Torino un'Officina meccanica specialmente dedicata alle costruzioni elettriche, cui allora pareva destinato un sicuro avvenire.

E per soddisfare a tali aspirazioni, il compianto amico rinunziava a nuove e lusinghiere offerte, e, fra le altre, alla Direzione tecnica delle Officine Fabius Henrion di Nancy, a cui lo aveva designato la costante stima affettuosa di Galileo Ferraris, sincero apprezzatore dei meriti che la singolare, vera, indiscussa modestia del **Caramagna** non riusciva a celare all'illustre maestro.

Nella breve sua vita industriale l'Officina Caramagna tenne posto non inglorioso, per quanto le vicende delle costruzioni elettromeccaniche rendessero quasi insostenibile la lotta coi formidabili concorrenti che s'andavano sviluppando e creando. Basterà l'accennare che, dedicatasi, fra le prime Case italiane, alla costruzione di macchine a correnti alternate, l'Officina Caramagna si presentava nel 1898, dopo meno di due anni di esistenza, all'Esposizione Internazionale di Torino con un alternatore bifase ad alta tensione, che era in quell'epoca la macchina congenere di maggiori dimensioni costrutta in Italia e che meritò al suo costruttore la medaglia d'oro.

È inutile dissimulare che, per varie ragioni, le quali sarebbe qui fuori luogo l'accennare, e forse prima fra di esse l'eccessiva modestia del compianto Collega e forse anche una rude franchezza di carattere che male lo piegava a certi compromessi, l'Officina Caramagna non aveva ancora potuto assurgere a prosperità industriale, allietandosi del sorriso della fortuna, quando la morte è venuta a distendere così prematuramente la sua fredda ala sul povero nostro amico; ma è certo che in tutte le sue costruzioni l'ing. **Caramagna** ha lasciato l'impronta di una grande abilità e di una coscienza industriale che altri

potranno raggiungere, ma non superare, malgrado i mezzi finanziari invero troppo limitati di cui egli disponeva.

Ed anche all'insegnamento il compianto Collega aveva in questi ultimi tempi dedicata la sua fenomenale attività, poichè nello scorso anno scolastico dettava un apprezzatissimo corso regolare di elettrotecnica agli allievi-ingegneri della nostra Scuola d'Applicazione al Valentino e recentemente era stato prescelto quale Direttore dell'istituenda Scuola popolare di elettrotecnica.

Ora egli non è più, ma vivrà lungamente in quanti lo apprezzavano e lo amavano — e sono essi tutti coloro che lo conobbero — un imperituro ricordo di lui e un amaro rimpianto di averlo perduto.

Valga questo pensiero a lenire l'angoscia della sua infelice vedova, una giovane e gentile signora che egli aveva sposato in Ungheria.

Noi intanto possiamo e dobbiamo affermare che il nome di **Aristide Caramagna** terrà un posto onorato nella storia dell'elettrotecnica italiana e dire ai suoi teneri figli, immersi nel lutto e nel pianto: « Ispiratevi al ricordo incancellabile delle virtù del vostro genitore e all'esempio della sua esistenza intemerata, breve per gli anni, ma lunga per l'indefesso lavoro, ed entrate nell'agone della vita a testa alta; l'avvenire è per voi! ».

Torino, novembre 1902.

Ing. R. PINNA.

N. 52.

NOTIZIE

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEZIONE DI NAPOLI

21 maggio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione della Presidenza.*
2. *Lettura del Socio ing.* CARLO MONTÙ *sul tema: « Alcune considerazioni sul riscaldamento elettrico dei locali di abitazione ».*

Presidenza comm. F. C. Paolo Boubée.

Alle ore 21 il Presidente apre la seduta.

Si legge ed approva il verbale della seduta precedente.

Il Presidente dà comunicazione di lettere pervenute alla Sezione, dopo di che invita il Socio ing. Carlo Montù a prendere la parola.

La lettura è infine vivamente applaudita dai numerosi Soci presenti.

Alle ore 22,30 il Presidente scioglie l'adunanza.

21 giugno 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione della Presidenza.*
2. *Lettura del Socio ing. comm.* F. C. PAOLO BOUBÉE *sul tema: « Lo stato attuale dell'elettrotecnica in rapporto alla trazione sulle ferrovie ».*

Il Presidente comm. F. C. Paolo Boubée alle ore 21 apre la seduta e dà comunicazione delle deliberazioni prese dal Consiglio generale relative alla prossima riunione annuale in Torino ed invita i Soci a far pervenire alla Segreteria della Sezione i titoli e la succinta esposizione degli argomenti che eventualmente intendono di svolgere in detta riunione, poi prende la parola ed intrattiene i numerosi Soci intervenuti per oltre un'ora e mezza sull'interessante argomento annunziato all'Ordine del giorno.

La comunicazione è coronata da vivi applausi.

Alle ore 23 la seduta è sciolta.

21 luglio 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Comunicazione della Presidenza.*
2. *Conversazione: « Le ultime del riscaldamento elettrico. — Sulla trazione elettrica ferroviaria » (Ing.* LUIGI DE BIASE).

Presidenza del comm. F. C. Paolo Boubée.

Si propone l'ammissione a Soci dei signori: ing. F. De Angeli, Vincenzo Mastrangelo e Guido Falconi.

Le domande sono accettate all'unanimità.

Il Vice-Presidente prof. L. Lombardi interpella il Presidente se non sia il caso di chiudere il periodo dei lavori di quest'anno e prendere l'abituale riposo annuale.

Il Presidente mette a partito la proposta la quale è approvata.

Dà poi la parola al Socio ing. De Biase, il quale per un'ora intrattiene i numerosi intervenuti interessandoli vivamente alla sua esposizione, la quale è infine applaudita con calore.

Il Socio Montù, a nome suo e di numerosi colleghi, propone che questa lettura del Socio De Biase e l'altra precedente del Socio comm. Boubée siano, a spese della Sezione, date alle stampe e distribuite a tutti i Soci.

La proposta è approvata all'unanimità.

Alle ore 23 la seduta è sciolta.

SEZIONE DI BOLOGNA.

30 ottobre 1902, ore 21. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Lettura del verbale della precedente Assemblea.*
2. *Nomina di un membro della Commissione incaricata della redazione del Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici, in sostituzione dell'ing.* L. GREPPI, *dimissionario.*
3. *Deliberazioni in ordine a detto Regolamento.*

Si apre la seduta alle ore 21.

In attesa del Presidente, prof. Luigi Donati, con cui era stato concordato il soprascritto Ordine del giorno, assume la presidenza il Vice-Presidente, prof. Silvio Canevazzi.

È approvato il verbale della precedente Assemblea.

Si procede alla nomina di un membro della Commissione per la compilazione del Regolamento per le norme di sicurezza negli impianti elettrici, in sostituzione del dimissionario ing. L. Greppi, e risulta eletto l'ing. A. Donati.

In ordine all'azione dei Commissari della nostra Sezione in seno alla Commissione suddetta, dopo una discussione cui prendono parte i Soci prof. Canevazzi e ingegneri D. Lanino, A. Donati, M. Peretti e B. Lanino, si approva all'unanimità il seguente Ordine del giorno:

« La Sezione di Bologna dell'A. E. I., in attesa della compilazione definitiva del Regolamento per le norme di sicurezza degli impianti elettrici, fa presente ai suoi delegati nella Commissione che deve procedere alla compilazione del medesimo, la opportunità di riferirsi intanto ad uno dei regolamenti esistenti ».

SEZIONE DI TORINO.

9 Dicembre 1902, ore 20,45. — Adunanza.

ORDINE DEL GIORNO:

1. *Parole dell'ing.* R. PINNA *in memoria dell'ing.* A. CARAMAGNA.
2. *Comunicazioni della Presidenza.*
3. *Elezione del Consiglio Direttivo della Sezione:*
   a) *Nomina del Presidente, del Vice-Presidente, del Segretario e del Cassiere;*
   b) *Nomina di sei Consiglieri.*

Presiede il Vice-Presidente prof. Lorenzo Ferraris.

Il Presidente esprime profondo rimpianto per la dolorosa e immatura perdita dell'ing. Aristide Caramagna; dà la parola all'ing. Pinna, che meglio di altri potrà degnamente parlare di lui.

Pinna commemora il compianto Collega (Cfr. Necrologio pubblicato nel presente fascicolo).

L'Assemblea accoglie con segni di viva approvazione le parole dell'ing. Pinna.

Pinna prima che si continui lo svolgimento dell'Ordine del giorno, vuole rivolgere un ringraziamento al Presidente e al Segretario della nostra Sezione per l'ottima organizzazione delle accoglienze fatte agli Elettrotecnici, convenuti in Torino nell'Assemblea generale. Manifesta poi viva gratitudine all'illustre prof. Grassi, che tanto degnamente tenne nell'ultimo triennio la Presidenza dell'A. E. I.

Segre fa una breve Relazione sui ricevimenti ai Colleghi italiani in occasione della Riunione generale. Comunica il rendiconto delle entrate e delle spese sostenute a tale oggetto. Da esso appare che le entrate furono: per concorso dei Soci L. 1960, per contributo della Sede Centrale L. 281, in totale L. 2241. Le spese ammontarono a L. 2329; per cui a carico della Sezione rimangono sole L. 88.

Il buon risultato finanziario si deve essenzialmente al concorso della massima parte dei Soci. Esprime ringraziamenti al Comitato Amministrativo dell'Esposizione, alla Società Elettricità Alta Italia, alla Società Belga e Torinese dei tramways, alla Società Italiana di Elettricità già Cruto, alla Società Elettrotecnica Italiana, alla Società Piemontese di Elettricità. Ricorda infine l'offerta generosamente cortese del Municipio di Torino con l'invito al banchetto del 2 novembre. L'atto del Comune non fu solamente un segno dello spirito di ospitale gentilezza, che è tradizione della nostra Municipalità, ma ha assunto, in tale circostanza, un significato così speciale di considerazione e di stima per l'Associazione, che dobbiamo provarne un vivo e profondo compiacimento e trarne i più lieti auspici per l'avvenire.

L'Assemblea manifesta con applausi la sua approvazione.

Il Presidente fa procedere alla votazione per la nomina alle cariche sociali. Chiama a fungere da scrutatori gli ingegneri Antoniotti, Colombo, Frascari e Giorelli.

Comunica i seguenti risultati:
Votanti 47; maggioranza 24.

Presidente:	Ing. Vincenzo Soldati	voti	34
»	Prof. Guido Grassi	»	13
Vice-Presidente:	Ing. Giorgio Schultz	»	45
	Dispersi	»	2
Segretario:	Ing. Enrico Segre	»	44
	Dispersi	»	1
Cassiere:	Ing. Andrea Luino	»	47
Consiglieri:	Prof. Lorenzo Ferraris . . .	»	44
»	Ing. Emilio Silvano	»	43
»	Ing. Alfredo Diatto	»	42
»	Ing. Paolo Prat	»	42
»	Ing. Pietro Verole	»	32
»	Comm. Federico Dumontel . .	»	28
»	Ing. Ettore Thovez	»	17
»	Prof. P. Paolo Morra	»	8
	Dispersi	»	14

Il Presidente proclama eletti:

a *Presidente*, l'ing. V. Soldati; a *Vice-Presidente*, l'ing. G. Schultz; a *Segretario*, l'ing. E. Segre; a *Cassiere*, l'ing. A. Luino; a *Consiglieri*, il prof. L. Ferraris; l'ing. E. Silvano; l'ing. A. Diatto; l'ing. P. Prat; l'ing. P. Verole e il comm. F. Dumontel.

La seduta viene levata alle ore 23.30.

L'Associazione Elettrotecnica Italiana, Sede centrale, scambia gratuitamente i proprii *Atti* colle seguenti Riviste e periodici scientifici:

R. Accademia dei Lincei, Roma.
Annali di Elettricità medica e Terapia fisica (Dott. G. Arienzo), Gabinetto elettroterapico dell'Ospedale Incurabili, Napoli.
Biblioteca Civica, Torino.
Biblioteca Nazionale, via Po, 19, Torino.
Camera Senato (Biblioteca), Roma.
Camera Commercio, piazza Mercanti, Milano.
Camera Deputati (Biblioteca), Roma.
Collegio Ingegneri ed Architetti in Milano, via S. Paolo, 10, Milano.
Il Nuovo Cimento, Pisa.
R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, Palazzo Brera, Milano.
R. Istituto Tecnico Superiore, Milano.
La Chimica Industriale, Galleria Nazionale, ingresso *D*, Torino.
Rivista Tecnica Emiliana, Porta San Martino, Bologna.
Revue Internationale de Thérapie physique, via Plinio, Roma.
Società medico-chirurgica di Bologna, Palazzo dell'Archiginnasio, Bologna.
Società d'Incoraggiamento d'Arti e Mestieri, via S. Marta, 18, Milano.
Società Chimica di Milano, via S. Paolo, 10, Milano.
Unione permanente delle Camere di Commercio Italiane, Milano.
Società degli Studenti Trentini, via Larga, 8, Trento.
Secrétariat Général de l'Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Montefiore, rue du Pot-d'Or, 43, Liège (Belgique).
Association entre les Élèves de l'Institut Montefiore, Quai Mativa, Liège (Belgique).
American Institute of Electrical Engineers, 26, Cortland Street, New-York.
American Electrician, Havemeyer Building, New-York.
The Electrical Review, 41 Park Row, Times Building, New-York.
The Electrical World and Electrical Engineer, 120 Liberty Street, New-York.
Institution of Electrical Engineers, Victoria Mansion, 28, Victoria Str., London S. W.
The Electrical Review, Ludgate Hill, London.
Association Suisse des Electriciens (Pres. Prof. W. Wissling), Waedensweil près Zürich.
Verband Deutscher Elektrotechniker, Monbijouplatz, 3, Berlin.
Elektrotechnischer Verein, 4 B Artilleriestrasse, Berlin.
Elektrotechnische Zeitschrift, Monbijouplatz, 3, Berlin.
Société Internationale des Électriciens, rue de Staël, 12, Paris.
I. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Rovereto.

Prof. Guido Grassi, *Redattore-Responsabile.*

Torino — Tip. Lit. Camilla e Bertolero di Natale Bertolero.

CONSIGLI DELLE SEZIONI A. E. I.

Torino, *Galleria Nazionale - Via Roma, 28.*

Presidente: Comm. Roberto Cattaneo.
Vice-Presidente: Prof. Ing. Lorenzo Ferraris.
Segretario: Cav. Ing. Enrico Segrè.
Cassiere: Ing. Mario Capuccio.
Consiglieri: Ing. Aristide Caramagna — Capon Maggiore Angelo — Ing. Lorenzo Garrone — Prof. Antonio Garbasso — Ing. Ettore Morelli — Ing. Vittorio Tedeschi.

Milano, *Via S. Paolo, 10.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. Luigi Zunini.
Vice-Presidente: Ing. Alessandro Panzarasa.
Segretario: Ing. Giacinto Motta.
Cassiere: Ing. Angelo Bianchi.
Consiglieri: Ing. Franco Brioschi - Ing. Carlo Clerici — Ing. A. Foscarini — Ing. G. Merizzi — Ing. Alessandro Scotti — Ing. Guido Semenza.

Genova, *Via Davide Chiossone, 7.*

Presidente: Ing. Cav. Prof. S. A. Rumi.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Uff. Col. Federico Pescetto.
Segretario: Ing. Domenico Sertorio.
Cassiere: Cav. Saverio Audisio.
Consiglieri: Ing. Luigi Balbi — Ing. Cav. Silvio Bianchi — Ing. Celso Grillo — Ing. Cav. G. Reggio.

Bologna, *Via Galliera, 14.*

Presidente: Prof. Cav. Luigi Donati.
Vice-Presidente: Ing. Cav. Prof. Silvio Canevazzi.
Segretario: Ing. Manfredo Peretti.
Cassiere: Ing. Barnaba Lanino.
Consiglieri: Ing. Alfredo Donati — Ing. Cav. Cleto Gasperini — Ing. Pietro Lanino — Ing. Umberto Maccaferri.

Roma, *Corso Umberto I, 397.*

Presidente: Prof. Moisè Ascoli.
Vice-Presidente: Prof. Angelo Banti.
Segretario: Dott. Riccardo Manzetti.
Cassiere: Ing. Comm. Oreste Lattes.
Consiglieri: Cav. Giovanni Dell'Oro — Ing. Giovanni Giorgi — Ing. Riccardo Salvadori — Prof. Alfonso Sella — Prof. F. Lori — Ing. Dottor Quirino Majorana-Calatabiano.

Napoli, *Galleria Umberto I.*

Presidente: Cav. Uff. Prof. Ing. F. P. Boubée.
Vice-Presidente: Prof. Ing. Luigi Lombardi.
Segretario: Ing. Luigi De Biase.
Cassiere: Ing. Giorgio De Cristoforo.
Consiglieri: Cav. Ing. Mario Bonghi — Ing. Umberto Cassito — Ing. Luigi De Biase — Prof. Ing. Raffaele Folinea.

Palermo, *Via Maqueda, 175.*

Presidente Cav. Prof. Stefano Pagliani.
Vice-Presidente: Cav. Ing. Emilio Piazzoli.
Segretario: Ing. Gaetano Buttafarri.
Cassiere: Ing. Francesco Agnello.
Consiglieri: Ing. Giuseppe Ottone — Ing. Giacinto Agnello — Ing. M. Fileti — Prof. O. M. Corbino.

Firenze, *Via dei Benci, 10.*

Presidente: Prof. A. Roiti.
Vice-Presidente: Prof. Eugenio Bazzi.
Segretario: Ing. Alberto Picchi.
Cassiere: Ing. Attilio Rampoldi.
Consiglieri: Ing. Giorgio Santarelli — Ing. Giulio Martinez — Prof. Luigi Pasqualini — Ing. G. B. Folco.